

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| АННОТАЦИЯ | 3 |
| 1. ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО МЕТОДАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ДЕФЕКТОСКОПИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... | 4 |
| 1.1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 4 |
| 1.2 ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЕФЕКТОСКОПИИ, ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА, ОЦЕНКИ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 8 |
| 1.3 ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЯМ. | 12 |
| 2. ВИДЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, СОСТАВ ОТЧЕТА. | 14 |
| 2.1 ДЕТАЛИЗАЦИЯ ВИДОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ (ВИЗУАЛЬНЫЙ, ВИЗУАЛЬНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ) С УКАЗАНИЕМ ИХ ОБЪЕМОВ И ЗАДАЧ. | 14 |
| 2.2 ПРИЧИНЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ. | 23 |
| 2.3 СОСТАВ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ. | 25 |
| 2.4 ТРЕБОВАНИЯ ПО СОСТАВУ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ. | 32 |
| 3. ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С КОРРУПЦИЕЙ..... | 35 |
| 3.1 ТЕХНОЛОГИЯ ОБМЕРНЫХ РАБОТ, ВКЛЮЧАЯ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ. | 35 |
| 3.2 НЕОБХОДИМОСТЬ ОТБОРА И ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ. | 46 |
| 3.3 ПОСТРОЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ. | 49 |
| 3.4 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ. | 53 |
| 3.5 МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С КОРРУПЦИЕЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ, ОБСЛЕДОВАНИЙ ИЛИ МОНИТОРИНГЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. | 54 |
| 4. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 59 |
| 4.1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО МОНИТОРИНГУ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 60 |
| 4.2 ВИДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА. | 68 |
| 4.3 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 73 |
| 4.4 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 75 |
| 4.5 ДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 83 |
| 5. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ВИДАМ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... | 89 |
| 6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 102 |

| | |
|--|-----|
| 6.1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЯМ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. | 102 |
| 6.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ИСПЫТАНИЙ, НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ, СЛУЧАИ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ. | 107 |
| 6.3 ОСНОВНАЯ ТЕХНИКА ИСПЫТАНИЙ. | 108 |
| 6.4 СОЗДАНИЕ НАГРУЗОК, МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ..... | 110 |
| 6.5 ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О НАТУРНЫХ, ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВЫХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ, МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ. | 116 |
| 7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ... | 118 |
| 7.1 ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ..... | 118 |
| 7.2 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ..... | 119 |
| 7.3 ОЦЕНКА И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ. | 124 |
| 7.4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ..... | 125 |
| ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ..... | 127 |

АННОТАЦИЯ

Целью освоения дисциплины «Методы обследования, мониторинга и испытания конструкций» является углубление уровня освоения компетенций в области обследований, мониторинга и испытаний строительных конструкций в эксплуатируемых зданиях и сооружениях, которые позволяют устанавливать категорию технического состояния зданий при обследовании и осуществлять мониторинг технического состояния в течение всего жизненного цикла.

1. ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО МЕТОДАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

1.1 Состояние вопроса и обзор нормативной документации по обследованию строительных конструкций

При возведении и эксплуатации строительных конструкций основополагающим условием является обеспечение надежности, предусматривающее снижение рисков возникновения аварийной ситуации до 10^{-6} . Основная роль при выполнении поставленной задачи отводится проектировщикам, выполняющим разработку и расчет наиболее оптимальных конструктивных решений зданий и сооружений. Но, как показывает практика, не всегда теоретические представления и разработанные в компьютерных программах расчетные модели соответствуют действительной работе сооружения. А в комплексе с возникающими ошибками и недочетами на стадии выполнения строительно-монтажных работ возможно возникновение аварийных ситуаций, приводящих не только к непредусмотренным финансовым затратам, но и к человеческим жертвам.

Основным нормативным документом, определяющим все действия в области строительства для обеспечения безопасности здания, является Федеральный закон от 30.12.2009 №384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". Согласно указанному регламенту, основными параметрами, характеризующими состояние зданий (сооружений), являются их надежность и долговечность.

Согласно терминологии ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований»:

- **надежность** - это способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации;
- **долговечность** - это способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектиро-

вании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

То есть в течении всего времени существования здания, оно должно оставаться безопасным и надежным. Графическое отображение данного условия представлено на рисунке 1.1.

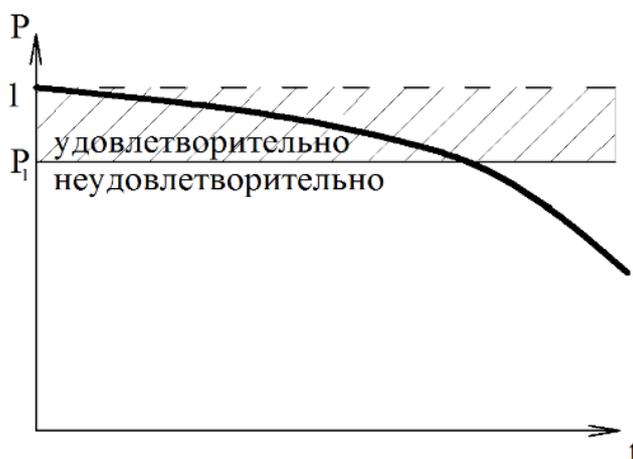


Рисунок 1.1- Диаграмма безотказной работы конструкций (t – время; P - вероятность безотказной работы; P_1 – предельно допустимая вероятность безотказной работы)

Если представить, что надежность характеризуется некоторым обобщенным количественным показателем - вероятностью безотказной работы, а долговечность - это время эксплуатации сооружения с требуемой надежностью (вероятностью безотказной работы), то в течении всего срока существования, здание (сооружение) должно находиться в заштрихованной зоне на графике (рисунок 1.1).

Для обеспечения надежности строительных конструкций на стадиях возведения, эксплуатации, реставрации и даже демонтаже предусматриваются работы направленные на оценку категории технического состояния зданий на рассматриваемый момент времени. Данный тип работ называют обследованием. В ряде случаев предусмотрен мониторинг состояния строительных конструкций, обеспечивающий контроль за измерением изменения во времени напряженно-деформированного состояния интересующих конструктивных элементов.

В настоящее время в РФ действуют два основных национальных стандарта на методы обследования несущих строительных конструкций: СП 13-102-2003 и ГОСТ 31937-2011. Согласно Распоряжения Правительства Российской Феде-

рации от 26 декабря 2014 г. № 1521 ГОСТ 31937-2011 входит в число документов, составляющих доказательную базу Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», т.е. имеет статус документа, обязательного для использования. При этом СП 13-102-2003 имеет статус документа, рекомендуемого для использования.

В ГОСТ 31937-2011 есть некоторые отличия по сравнению с СП 13-102-2003:

– исключен ряд терминов, определяющих общее техническое состояние зданий и сооружений;

– техническое состояние здания и сооружений определяется не только прочностными и деформационными характеристиками строительных конструкций, но и:

- акустическими свойствами конструкций,
- систем инженерного обеспечения,
- состоянием грунтов основания.

Вместо термина "исправное состояние" введен термин "нормативное состояние" – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся соответствием требованиям проектной документации.

Исключен термин "недопустимое состояние" - категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик, при котором существует опасность для пребывания людей и сохранности оборудования (необходимо проведение страховочных мероприятий и усиление конструкций). Оставлены с расшифровкой понятия деформативность и эксплуатационные характеристики.

Основные термины:

Работоспособное состояние - категория технического состояния, при которой некоторые из оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но в конкретных условиях эксплуатации не приво-

дят к нарушению работоспособности, и несущая способность конструкций и грунтов основания обеспечивается.

Ограниченно работоспособное состояние - при которой имеются дефекты и повреждения, приведшие к некоторому снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения и функционирование конструкции возможно при контроле ее состояния, продолжительности и условий эксплуатации.

Аварийное состояние - категория технического состояния конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий).

Для конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, находящихся в нормативном техническом состоянии и работоспособном состоянии, эксплуатация при фактических нагрузках и воздействиях возможна без ограничений. При этом для конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, находящихся в работоспособном состоянии, может устанавливаться требование более частых периодических обследований в процессе эксплуатации.

При ограниченно работоспособном состоянии конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, контролируют их состояние, проводят мероприятия по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтового основания и последующий мониторинг технического в соответствии с п.6 ГОСТ 31937-2011 состояния (при необходимости).

Эксплуатация зданий (сооружений) при аварийном состоянии конструкций, включая грунтовое основание, не допускается. Устанавливается обязательный режим мониторинга.

Если категория технического состояния здания - «ограниченно работоспособная, или аварийная», то это означает что необходимо проведение мероприятий по восстановлению или усилению конструкций с целью увеличения веро-

ятности безотказной работы объекта, то есть повышения его категории технического состояния как минимум до работоспособного. Графическое отображение состояния здания с учетом проведения ремонтных работ по восстановлению и усилению во времени представлено на рисунке 1.2.

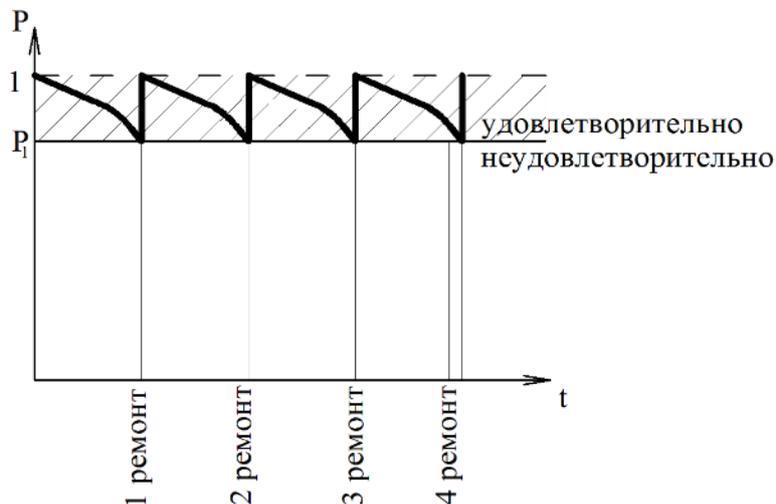


Рисунок 1.2- Диаграмма безотказной работы конструкций с учетом ремонтных работ

1.2 Техника и технологии дефектоскопии, обследования, оценки остаточного ресурса, оценки разработки противоаварийных мероприятий и усиления строительных конструкций

Все работы по обследованию начинают только после заключения договора с Заказчиком. Руководитель организации или его заместитель назначает руководителя обследования, который организует и контролирует выполнение всех работ по обследованию, осуществляет взаимодействие с заказчиком и несет за них ответственность.

В случае если обследование проводится на нескольких объектах, то для организации работ на объекте назначается руководитель обследования на объекте. В его функции входит организация работ на конкретном объекте и организация оформления результатов обследования.

До выезда на объект Руководитель обследования:

- устанавливает коды строительных конструкций, их элементов и дефектов, которые удобно использовать при ведении записей;
- разрабатывает программы обследования
- составляет перечень и проверяет наличие необходимых приборов и

оборудования;

- удостоверяется, что измерительное оборудование работоспособно и имеет действующие сертификаты о калибровке;

- назначает ответственного за подготовку требуемых для проведения инструментального обследования приборов, инструментов, расходных материалов, оснастки, средств безопасности, рабочей одежды и организацию их доставки на объект обследования.

На объекте обследования Руководитель обследования:

- знакомит с Программой работ всех исполнителей;
- организует бригады и назначает их руководителей;
- проводит инструктаж по безопасности ведения работ (или поручает провести одному из исполнителей);

- устанавливает задачи членам бригад;
- координирует работу бригад;
- проверяет правильность выполнения измерений;
- проверяет правильность ведения предусмотренных протоколов;
- анализирует полученные результаты;
- корректирует (при необходимости) методы проведения измерений и испытаний, их объем и формы протоколов инструментального обследования.

При проведении обследования используют методы и методики, регламентированные внешними и внутренними нормативными документами.

По результатам обследования составляют отчеты, которые обязательно должны содержать следующие разделы:

- цель и задачи обследования;
- наименование и краткая характеристика объекта обследования
- перечень зданий (сооружений) и конструкций, которые были обследованы:

- применявшиеся при обследовании процедуры, методы и средства;
- результаты обследования, обосновывающие принятое решение о

категории состояния строительных конструкций;

- оценку состояния инженерных систем, электрических сетей, средств связи, звуко- и теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций, вибрации и шума от оборудования и внешних воздействий;

- выводы по результатам обследования;

- протоколы (акты), составленные при проведении обследования;

- ведомости выявленных дефектов.

Краткое заключение по результатам обследования должно, в общем случае, включать:

- определение категорию технического состояния объекта обследования в целом и отдельных его конструктивов или конструкций в соответствии с ГОСТ 31937-2011 или СП 13-102-2003;

- вероятные причины дефектов, выявленных при обследовании;

- рекомендации или задание на проектирование мероприятий по устранению дефектов.

Если это предусмотрено договором в отчет также могут быть включены:

- объемы ремонтно-восстановительных работ, необходимых для устранения выявленных дефектов;

- методики выполнения ремонтно-восстановительных работ;

- поверочные расчеты;

- рекомендуемы схемы усиления строительных конструкций, имеющих дефекты, снижающие их несущую способность.

Выполнение работ по обследованию зданий (сооружений) осуществляется, как правило, группой специалистов, имеющих опыт работ по обследованию строительных конструкций из различных материалов. Руководитель группы назначается приказом организации-исполнителя работ.

Обследованию строительных конструкций зданий предшествует подбор, изучение и анализ исходных данных по исполнительной, проектной и эксплуатационной технической документации. При ознакомлении с объектом обследо-

вания выявляют соответствие фактического объемно-планировочного и конструктивного решения объекта проектному.

Заказчик к началу работ по обследованию подготавливает указанную выше документацию и принимает меры к восстановлению недостающих чертежей, схем, паспортов и других документов. В случае отсутствия у заказчика достаточных материалов, характеризующих состояние производственной среды и влияние технологических особенностей производства на строительные конструкции, выявление этих особенностей выполняется в составе работ по обследованию.

Заказчик предоставляет данные по фактическим условиям эксплуатации строительных конструкций (загазованность и запыленность воздуха с одновременным влиянием влаги; утечки воды и водяных паров из технологического оборудования, трубопроводов и их арматуры; выбросы пара и конденсата; значительные колебания температуры и влажности воздуха внутри помещений; утечки и проливы агрессивных растворов кислот, щелочей и солей и т.п.).

Состав работ по обследованию намечают при натурном освидетельствовании, по результатам которого решают следующие вопросы:

- организацию безопасного доступа к конструкциям;
- согласование с заказчиком сроков временной остановки оборудования и возможности его использования в процессе обследования;
- составление заданий на очистку конструкций, изготовление подмостей, вскрытие кровли и т.п.

По окончании подготовительных работ составляют протокол согласования условий безопасного проведения работ с указанием ответственных лиц, подписанный ответственными представителями заказчика и организации-исполнителя и утвержденный руководителями подразделений обеих организаций.

Обследования выполняются исполнителем при оказании ему постоянной помощи со стороны заказчика в проведении сопутствующих работ (выделения представителей для сопровождения, вскрытия конструкций, отбора образцов,

временного освещения, обеспечения доступа к конструкциям, мероприятий по безопасности труда, обеспечения технической документацией и др.).

В целях обеспечения безопасности проведения работ, заказчик выполняет перед началом обследования соответствующие переключения и отключения работающих в обследуемых зонах оборудования и сетей или увязывает графики работ по обследованию с графиком их отключений на профилактический осмотр или ремонт.

На всех обследуемых участках обеспечиваются условия, соответствующие требованиям норм и правил к освещенности рабочих мест, безопасному доступу к конструкциям (устройству лесов, подмостей и т.п.) для предупреждения случаев отравлений и травматизма.

1.3 Примеры выполнения работ по обследованиям.

Технические отчеты по результатам обследования содержат следующую информацию:

- монтажные схемы сборных элементов, время их изготовления;
- время возведения здания;
- геометрические размеры здания (сооружения), элементов и конструкций;
- расчетную схему;
- проектные нагрузки;
- характеристики материалов (бетона, металла, камня и т. п.), из которых выполнены конструкции;
- сертификаты и паспорта на применение в строительстве зданий изделий и материалов;
- характеристики грунтового основания;
- имевшие место замены и отклонения от проекта;
- характер внешних воздействий на конструкции;
- данные об окружающей среде;
- проявившиеся при эксплуатации дефекты, повреждения и т. п.;

– моральный износ объекта, связанный с дефектами планировки и несоответствием конструкций современным нормативным требованиям;

– программу обследований строительных конструкций в соответствии с указаниями ГОСТ 31937–2011 (подпункт 5.1.10, б).

В промежуточном отчете предварительного (визуального) обследования должны содержаться результаты выполненных работ в соответствии с указаниями ГОСТ 31937–2011 (подпункт 5.1.12), включая предварительную оценку технического состояния строительных конструкций.

В промежуточном отчете по результатам детального (инструментального) обследования должны быть включены сведения, в соответствии с указаниями ГОСТ 31937–2011 (подпункт 5.1.15) и выводы, сделанные в результате анализа данных, полученных при обследовании строительных конструкций.

В промежуточном отчете по результатам дополнительного детального (инструментального) обследования должны быть включены сведения в соответствии с программой дополнительного обследования.

2. ВИДЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, СОСТАВ ОТЧЕТА.

2.1 Детализация видов обследований (визуальный, визуально-инструментальный, инструментальный) с указанием их объемов и задач.

Оценка технического состояния проводится на основании анализа результатов:

- рекогносцировочного обследования;
- обследования проектной, исполнительной и эксплуатационной документации;
- визуального обследования;
- инструментального обследования;
- дополнительного обследования;
- исследования нормативной базы;
- поверочных расчетов.

Анализ результатов обследования выполняют после проведения:

- каждого вида обследования;
- всех видов обследования.

Анализ результатов каждого вида обследования проводят:

- в процессе выполнения данного обследования с целью уточнения и возможного дополнения программы обследования;
- после выполнения обследования с целью внесения дополнений в программы других видов обследования и выявления необходимости проведения дополнительного обследования.

При анализе результатов рекогносцировочного, визуального и инструментального обследований оценивают вероятность возникновения аварийного состояния.

Анализ результатов частных видов обследования.

При анализе результатов рекогносцировочного обследования устанавливают целесообразность выполнения;

- каждого из возможных видов обследования;
- объем каждого вида обследования;
- требования к программам обследования.

При анализе результатов обследования проектной, исполнительной и эксплуатационной документации устанавливают:

- несогласованные проектировщиком отступления от проекта, которые могли повлиять на несущую способность и эксплуатационные характеристики отдельных конструкций, а также здания и сооружения в целом;

- отсутствие исполнительной документации, подтверждающей соответствие требованиям проекта выполненных работ, результаты которых влияют на несущую способность и эксплуатационные характеристики отдельных конструкций, здания и сооружения;

- наличие и информативность эксплуатационной документации и документации по ранее проведенным обследованиям, в которой приведены характеристики выявленных дефектов отдельных строительных конструкций, а также зданий и сооружений.

При анализе результатов исследования нормативной базы устанавливают:

- соответствие нормативной базы, действующей в настоящее время, нормативной базе, действовавшей в период проектирования и строительства данного объекта;

- различия в методах расчета, расчетных характеристиках, установленных в нормативных документах, действовавших во время проектирования и действующими в настоящее время;

- различие в методах контроля качества строительства и приемки строительно-монтажных работ, установленных в нормативных документах, действовавших во время проектирования и действующими в настоящее время.

При анализе результатов визуального обследования устанавливают:

- причины, которые могли вызвать визуально выявленные в процессе обследования дефекты;

- динамику развития дефектов по сравнению с их характеристиками,

установленными в ранее проведенных осмотрах и обследования;

- в какой степени выявленные дефекты (трещины, искривления, прогибы и т.п.) могут влиять несущую способность и эксплуатационные характеристики отдельных конструкций, здания и сооружения;

- необходимость уточнения и дополнения, в первую очередь, программы инструментального обследования и геодезических измерений.

При анализе результатов инструментального обследования устанавливают:

- соответствие определенных в результате обследования характеристик материалов и конструкций требованиям проекта;

- динамику изменения измеренных характеристик по сравнению с их характеристиками, установленными в ранее проведенных осмотрах и обследования;

- необходимость уточнения и дополнения программы инструментального обследования и проведения дополнительного обследования.

При анализе результатов дополнительного обследования устанавливают:

- соответствие определенных в результате обследования характеристик материалов и конструкций аналогичным характеристикам, полученным при проведении визуального и инструментального обследования;

- необходимость расширения объема дополнительного обследования.

При анализе результатов проверочных расчетов устанавливают соответствие фактических:

- расчетных схем конструкций расчетным схемам, принятым при проектировании (с учетом фактического состояния конструкций и узлов их сопряжения);

- значений физико-механических характеристик материалов требованиям проекта и нормативных документов на момент обследования;

- значений несущей способности отдельных конструкций требованиям проекта и действующих нормативных документов.

На основании анализа результатов обследования составляют:

- заключение о техническом состоянии здания или сооружения и его

конструкций, включающее оценку, как прочностных, так и эксплуатационных характеристик;

- рекомендации по ремонту, достройке и усилению.

Выполнение поверочных расчетов.

Целью поверочных расчетов является:

- оценка соответствия обследуемых строительных конструкций проектным или нормативным требованиям по несущей способности и жесткости или/и деформативности;

- определение необходимости усиления конструкций и/или отдельных узлов, имеющих дефекты;

- определение возможности передачи на конструкции нагрузок, больших, чем было предусмотрено проектом;

- определение максимальной несущей способности отдельных конструкций.

При проведении поверочных расчетов используют:

- данные о геометрических размерах конструкций и механических характеристиках материалов, полученные по результатам визуального и инструментального обследования, обмерных работ, натурных и лабораторных испытаний;

- требования нормативных документов, действующих в настоящее время и действовавших во время проектирования данного сооружения.

Оценку соответствия проектным или нормативным требованиям, как правило, проводят в случае, если:

- по результатам визуального обследования выявлены дефекты, свидетельствующие о перегрузке строительных конструкций;

- по результатам обмеров выявлены отклонения размеров конструкций, их положения от проекта, прогибов от требований нормативных документов;

- по результатам инструментального обследования выявлено несоответствие прочностных характеристик материалов требованиям нормативных документов;

– после возведения сооружения были внесены изменения в нормативные документы на методы расчета, нагрузкам и воздействиям, требованиям к материалам.

Поверочные расчеты следует проводить в соответствии с требованиями нормативных документов. При этом следует учитывать:

– изменения и дополнения, которые на момент выполнения обследования были внесены в нормативные документы по отношению ко времени, когда разрабатывался проект данного здания или сооружения;

– требования контракта к выбору нормативных документов, используемых для проведения поверочных расчетов, особенно в тех случаях, когда обследуется объект, возведенный не по нормативным документам РФ.

В поверочных расчетах наличие дефектов учитывают путем:

– уменьшения вводимой в расчет площади поперечного сечения элемента;

– введения дополнительного эксцентриситета продольной силы и т.п..

Расчетную схему конструкции, сооружения или здания принимают с учетом фактических отклонений геометрической формы, размеров сечений, условий закрепления и выполнения узлов сопряжения элементов.

При проведении поверочных расчетов следует использовать резервы несущей способности, в том числе за счет учета фактических:

– прочностных характеристик материалов и коэффициента их вариации;

– расчетной схемы конструкции, например, фактической статической схемы узлов закрепления и опирания конструкций (шарнир или заделка).

При отсутствии в конструкциях дефектов, снижающих несущую способность и при отсутствии недопустимых деформаций поверочные расчеты допускается выполнять, исходя из:

– проектных данных о геометрических характеристиках конструкций и механических характеристиках материалов, из которых они изготовлены;

– фактических данных, полученных по результатам обследования о геометрических характеристиках конструкций и механических характеристиках

материалов.

При использовании в поверочных расчетах результатов инструментального обследования, испытания должны быть выполнены:

- в соответствии с требованиями нормативных документов на методы испытания,

- при отсутствии стандартизованных методик испытания должны быть выполнены по аттестованным в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 методикам.

При выполнении поверочных расчетов с использованием результатов инструментального обследования при статистически достаточном объеме данных их рассматривают в качестве нормативных значений.

При дополнительном обосновании средние значения механических характеристик материалов, полученные при инструментальном обследовании конкретной конструкции, могут быть использованы в качестве расчетных значений.

Поверочные расчеты выполняют с помощью специализированных верифицированных компьютерных программ либо в табличной форме в программе Excel.

Поверочные расчеты по определению несущей способности железобетонных конструкций проводят на основании данных, полученных в результате проведения обследования, а также определения прочностных характеристик материалов по СП 52-101-2003, СП 52-102-2004 с учетом требований СП 20.13330.2017, а также СП 63.13330.2018.

Кроме того, допускается учитывать не противоречащие СП 52-101-2003, СП 52-102-2004 рекомендации документов:

- Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого и легкого бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84);

- Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого и легкого бетонов (к СНиП 2.03.01-84);

– Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях повышенных и высоких температур (к СНиП 2.03.04-84);

– Проектирование сборно-монолитных железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.04-84).

При расчете должны быть проверены сечения конструкций, имеющие дефекты и повреждения, а также сечения, в которых при инструментальном обследовании выявлены зоны бетона, прочность которых меньше средней на 20 % и более. Необходимо также учитывать влияния дефектов на сцепление арматуры с бетоном и т.п. в соответствии с утвержденными в установленном порядке документами.

При выполнении поверочных расчетов по проектным материалам, в том случае, если в проекте существующей конструкции нормируемой характеристикой бетона является его марка, значение условного класса бетона по прочности на сжатие следует принимать равным:

– 80 %-ной кубиковой прочности бетона (в соответствии со схемой Г ГОСТ 10180);

– 70 %-ной - для ячеистого бетона.

Для промежуточных значений условного класса бетона по прочности на сжатие, отличающихся от значений параметрического ряда, расчетные сопротивления бетона определяются линейной интерполяцией.

При выполнении поверочных расчетов по результатам неразрушающих и/или лабораторных испытаний значение условного класса бетона по прочности на сжатие принимают по результатам лабораторных испытаний либо с использованием методов неразрушающего контроля.

При выполнении поверочных расчетов по данным испытаний образцов арматуры, отобранных от обследованных конструкций, нормативные сопротивления арматуры принимаются равными средним значениям предела текучести (или условного предела текучести), полученным при испытании образцов арматуры и деленным на коэффициенты:

- 1.1 - для арматуры классов А240, А300, А400, А500;
- 1.2 - для арматуры других классов.

Расчетные сопротивления арматуры растяжению R_s при отсутствии проектных данных и невозможности отбора образцов допускается назначать в зависимости от профиля арматуры:

- для гладкой арматуры $R_s = 155$ МПа (1600 кгс/см²);
- для арматуры периодического профиля, имеющего выступы:
 - с одинаковым заходом на обеих сторонах профиля («винт») $R_s = 245$ МПа (2500 кгс/см²);
 - с одной стороны правый заход, а с другой - левый («елочка») $R_s = 295$ МПа (3000 кгс/см²).

Поверочные расчеты стальных конструкций должны быть выполнены в соответствии с СП 53-102-2004. Значение предела текучести стали R_{up} и временного сопротивления R_{up} проката и труб следует принимать для сталей, у которых приведенные в сертификатах или полученные при испытаниях значения предела текучести и временного сопротивления:

- соответствуют требованиям действовавших во время строительства государственных стандартов или технических условий - по минимальному значению, указанному в этих документах;
- ниже предусмотренных государственными стандартами или техническими условиями, действовавшими во время строительства, - по минимальному значению предела текучести из приведенных в сертификатах или полученных при испытаниях.

Коэффициент надежности по материалу следует принимать:

- $\gamma_m = 1.2$ - для сталей, изготовленных до 1932 г. и для сталей, у которых полученные при испытаниях значения предела текучести ниже 215 МПа (2200 кгс/см²);
- $\gamma_m = 1.1$ - для сталей с пределом текучести до 380 МПа (3850 кгс/см²), изготовленных в период с 1932 по 1982 г.;
- $\gamma_m = 1.15$ - для сталей с пределом текучести свыше 380 МПа (3850

кгс/см²), изготовленных в период с 1932 по 1982 г.;

– по табл. 3 СНиП П-23-81* для сталей, изготовленных после 1982 г.

Допускается назначать расчетные сопротивления по значениям R_{yn} и R_{un} , определенным по результатам статистической обработки данных испытаний не менее чем 10 образцов в соответствии с указаниями раздела 18 СП 16.13330.2017.

Расчетные сопротивления сварных соединений конструкций следует назначать с учетом марки стали, сварочных материалов, видов сварки, положения шва и способов их контроля, примененных в конструкции.

При отсутствии установленных нормами необходимых данных допускается:

– для угловых швов принимать $R_{wun} = R_{un}$; $\gamma_{wm} = 1,25$; $\beta_f = 0,7$ и $\beta_z = 1,0$, считая при этом $\gamma_c = 0,8$;

– для растянутых стыковых швов принимать $R_{wy} = 0,55R_y$ для конструкций, изготовленных до 1972 г., и $R_{wy} = 0,85R_y$ - после 1972 г.

Допускается уточнять несущую способность сварных соединений по результатам испытаний образцов, взятых из конструкции.

Если невозможно установить класс прочности болтов, значения расчетных сопротивлений следует принимать как для болтов класса прочности 4.6 при расчете на срез и класса прочности 4.8 - при расчете на растяжение.

Если в исполнительной документации отсутствуют указания о способе обработки отверстий и материале заклепок, то расчетные сопротивления следует принимать по табл. 48 СП 16.13330.2017 как для соединения на заклепках группы С из стали марки Ст2.

Поверочные расчеты деревянных конструкций следует проводить в соответствии с СП 64.13330.2011.

Поверочные расчеты каменных конструкций следует проводить в соответствии с СП 15.13330.2012.

Отчет о поверочных расчетах в общем случае должен содержать:

– наименование объекта обследования;

- краткое описание конструктивной схемы здания или сооружения;
- цель поверочных расчетов;
- перечень конструкций (узлов конструкций), для которых были выполнены поверочные расчеты;
- методики расчета со ссылками на нормативные документы;
- перечень нормативных документов, в соответствии с которыми были выполнены поверочные расчеты;
- перечень специализированных программ, применявшихся при выполнении поверочных расчетов;
- сбор нагрузок;
- данные о геометрических характеристиках конструкций (поперечные сечения, длины, пролеты, расположение арматуры для железобетонных конструкций и т.п.) с указанием, из каких источников они получены;
- данные о прочностных характеристиках материалов с указанием, из каких источников они получены;
- использованные расчетные схемы;
- результаты поверочных расчетов;
- оценка результатов поверочных расчетов требованиям проектной и/или нормативной документации.

2.2 Причины проведения различных видов обследований.

Обследование технического состояния зданий и сооружений проводят в следующих основных случаях:

1. Плановые периодические обследования в процессе эксплуатации зданий. Это - регулярные визуальные и, если предусмотрено, инструментальные наблюдения за техническим состоянием зданий и сооружений. Периодичность таких обследований зависит от типа и назначения здания (сооружения) и установлена в нормативных документах. В основном, периодические обследования законодательно предусмотрены при эксплуатации потенциально опасных объектов (ФЗ № 116-ФЗ от 21.07.1997 "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", ФЗ № 117-ФЗ от 21.07.1997 "О безопасности гид-

ротехнических сооружений", "Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ", утв. приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229). Как правило, жилые здания обследуют перед проведением планового капитального ремонта (чтобы уточнить его объем), энергетические объекты - по окончании проектного срока эксплуатации (чтобы решить вопрос о возможности продления или необходимости снятия с эксплуатации). В соответствии с ГОСТ 31937-2011 первое обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не позднее чем через два года после их ввода в эксплуатацию. В дальнейшем обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не реже одного раза в 10 лет и не реже одного раза в пять лет для зданий и сооружений или их отдельных элементов, работающих в неблагоприятных условиях (агрессивные среды, вибрации, повышенная влажность, сейсмичность района 7 баллов и более и др.). Для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга.

2. Обследование перед реконструкцией (модернизацией). Обследования всех типов зданий (сооружений) проводятся перед намечаемой реконструкцией или модернизацией, например, при изменении технологии производства, установке нового оборудования, изменении нормативных требований к теплоизоляции и т.п., чтобы оценить действительное состояние конструкций и коммуникаций и уточнить необходимость усиления конструкций, определить экономическую целесообразность ремонта или реконструкции).

3. Обследование перед консервацией. Такие обследования проводятся в случае приостановки строительства для оценки необходимости и состава мероприятий для сохранения состояния конструкций на срок консервации.

4. Внеплановые обследования. Внеплановые обследования проводятся в следующих основных случаях:

– при обнаружении при периодических и внеочередных осмотрах дефектов строительных конструкций, вызывающих сомнения в их эксплуатационных качествах,

– после аварий зданий или сооружений (взрывы, пожары) и стихийных

бедствий (землетрясение, наводнение, ураган и т.п.),

- при возобновлении строительства после длительного перерыва в строительно-монтажных работах;

- при увеличении нормируемых природно-климатических воздействий (сейсмические, снеговые, ветровые воздействия);

- при необходимости контроля и оценки состояния конструкций зданий, расположенных вблизи от вновь строящихся сооружений.

Обследование также могут проводиться:

- если меняется владелец здания (сооружения);

- при страховании;

- по требованию контролирующих и надзорных органов (например, в процессе строительства);

- для восстановления утраченной исполнительной документации (например, если здание (сооружение) достраивается после перерыва или документация не сохранилась).

2.3 Состав работ при проведении различных видов обследований.

Состав работ по обследованию технического состояния бетонных и железобетонных конструкций

Состав работ по обследованию технического состояния бетонных и железобетонных конструкций следует определять до начала обследования после проведения предварительного (рекогносцировочного) осмотра объекта для определения объема, специфики и направленности обследования, необходимых подготовительных работ (изготовление подмостей и лестниц для обеспечения непосредственного доступа к конструкциям, очистка поверхностей от штукатурки, масляной краски, копоти, пыли и т. д.), а также выявления необходимости проведения специальных исследований (измерение вибрационных воздействий на конструкции, геодезическая съемка и т. д.).

В процессе предварительного осмотра, прежде всего следует обратить внимание (по внешним признакам) на конструкции, вызывающие опасения, и, в

случае необходимости, дать рекомендации по ограничению нагрузок или полной их разгрузки.

При аварийном состоянии следует предусмотреть немедленную установку надежных временных страховочных креплений (подпорки и стойки из деревянных конструкций или металлопроката: трубы, двутавры, швеллеры). Нагрузку на стойки необходимо передавать с помощью подкладок с обязательной подклинкой.

Признаками аварийного состояния конструкций являются:

- полностью или частично разрушенные участки, разрывы арматуры в растянутых элементах, повреждения бетона в сжатых элементах, смещение опор и т. д.;

- трещины в бетоне – трещины сдвига, лещадки и трещины раздробления бетона в сжатых элементах, превышающие нормативные значения раскрытия трещин от главных растягивающих напряжений;

- прогибы конструкций, превышающие $1/50$ длины пролета, с образованием в растянутой зоне трещин размером более 0,5–1,0 мм или с признаками разрушения сжатых элементов;

- повреждения от воздействия высоких температур – изменение цвета бетона, нарушение сцепления арматуры с бетоном, образование на поверхности бетона мелкой сетки трещин, отслаивание бетона и провисание арматуры;

- повреждения от воздействия агрессивных сред – коррозионное разрушение бетона, его расслоение, выщелачивание, разрыхление, образование слоя ржавчины и уменьшение сечения рабочей арматуры; нарушение сцепления арматуры с бетоном.

Аппаратура и средства измерений, подготавливаемые для технической диагностики, определения свойств материалов и степени деформаций обследуемых конструкций, должны обладать необходимой точностью и соответствовать требованиям стандартов.

Все применяемые средства измерений должны иметь действующее поверительное (калибровочное) клеймо или свидетельство о поверке (сертификат о калибровке).

Состав работ и методы исследований конструкций (прочности бетона, характера и ширины раскрытия трещин, проверки и определения системы армирования, степени коррозионного разрушения бетона и арматуры) определяют в соответствии с указаниями ГОСТ 31937–2011 (подпункт 5.3.1).

При выборе участков испытаний необходимо, чтобы не менее 60 % из них приходилось на наиболее нагруженные сечения, работающие преимущественно на сжатие. Участки должны охватывать как наиболее, так и наименее поврежденные места конструкций.

При определении прочности бетона рекомендуется использовать комплексную оценку на основе совместного применения прямых (испытание отобранных образцов) и косвенных (ультразвуковой, упругого отскока, пластических деформаций) методов измерений.

Трещины выявляются путем осмотра открытых поверхностей конструктивных элементов железобетонных конструкций. Более детально при выявлении трещин обследуются участки и отдельные элементы, подверженные максимальным вибрационным и динамическим воздействиям, повышенным температурам, интенсивным увлажнениям и воздействиям агрессивной среды.

Для уточнения причин происхождения трещин в конкретных элементах конкретного участка одновременно обследуются соседние участки, не подверженные деформациям.

При обнаружении трещин любого вида необходимо определить их положение, форму, направление, распространение по длине, ширину раскрытия, глубину, время и причину возникновения, а также установить, продолжается или прекратилось их развитие.

Оценку технического состояния бетонных и железобетонных конструкций проводят на основе признаков, полученных при проведении обследования, руководствуясь положениями ГОСТ 31937–2011 (подпункт 5.3.1, приложение Е).

Методы испытаний проб бетона, выполненных из образцов, взятых из конструкций, для определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости определены в ГОСТ 28570, ГОСТ 12730.0, ГОСТ 12730.1, ГОСТ 12730.2, ГОСТ 12730.3, ГОСТ 12730.4, ГОСТ 12730.5.

Методы испытаний адгезии защитных покрытий от коррозии бетонных и железобетонных конструкций определены в ГОСТ 28574.

Оценку состояния защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии следует выполнять в соответствии с указаниями ГОСТ 31384 и СП 28.13330.

Для выявления армирования железобетонных конструкций рекомендуется применять следующие способы:

- вскрытие арматуры ответственных сечений с ее обнажением;
- сквозное просвечивание конструкций по ГОСТ 17623;
- определение толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры электромагнитным способом по ГОСТ 22904.

Места вскрытия должны быть выбраны с учетом напряженного состояния элементов железобетонных конструкций. При определении мест вскрытия следует максимально использовать имеющиеся дефектные участки с наличием отслоений защитного слоя, продольных трещин, сколов, участков с механическими повреждениями и т. д.

При необходимости при обследовании установить фактическую прочность арматуры обследуемых железобетонных конструкций, образцы для испытания вырезаются непосредственно из конструкций. Размеры заготовок обуславливаются количеством и размерами подлежащих изготовлению образцов, а также возможностью вырезки стержней арматуры из железобетонного элемента без ущерба для его несущей способности.

Выбор мест вырезки заготовок и их количество намечаются исходя из результатов вскрытий арматуры. Для того чтобы не ослабить элемент вырезкой заготовки, стержень арматуры, из которого вырезается заготовка, необходимо усилить. Усиление производится перед вырезкой заготовки. Вырезка заготовок

выполняется механическим холодным способом во избежание перегрева, изменяющего свойства металла арматуры.

Класс арматуры следует устанавливать по внешнему виду в соответствии с ГОСТ 5781, ГОСТ 34028, ГОСТ Р 52544.

Состав работ по обследованию технического состояния металлических конструкций.

В состав работ по обследованию конструкций в общем случае входят: подготовительные работы, освидетельствование конструкций в натуре, определение свойств стали, определение расчетных сопротивлений, уточнение фактических и прогнозирование будущих нагрузок, воздействий и условий эксплуатации, установление расчетных величин, составление заключения о фактическом состоянии обследованных конструкций, нагрузках и условиях эксплуатации.

При ознакомлении с объектом обследования в натуре производится:

- осмотр конструкций;
- оценка соответствия фактического объемно-планировочного решения здания проекту;
- оценка условий эксплуатации конструкций (выделения пыли, влаги, агрессивные факторы, экстремальные температурные воздействия, динамические, ударные, циклические нагрузки и другие особенности);
- определение участков с наибольшей степенью износа конструкций и предполагаемых причин износа;
- определение способа доступа к конструкциям (возможность освидетельствования конструкций с мостовых кранов, технологического оборудования, переходных мостиков, галерей, лестниц, передвижных подъемных механизмов, необходимость отключения электросетей, перерывов в ходе технологического процесса, устройства лесов, подмостей, настилов и специальных приспособлений);
- разработка основных мероприятий по обеспечению условий безопасного ведения работ по обследованию;
- предварительная оценка характера, объема и трудоемкости работ;

– выявление возможного аварийного состояния конструкций и разработка мероприятий по предотвращению аварии.

При натурном освидетельствовании конструкций определяются их следующие характеристики:

– отклонения размеров между осями основных конструктивных элементов (пролет, шаг колонн, отметки характерных узлов конструкций, расстояния между узлами и т. д.);

– отклонения фактических осей элементов от проектных;

– отклонения габаритных размеров и длин конструктивных элементов;

– отклонения размеров поперечных сечений элементов и соответствие примененных профилей принятым в проекте;

– наличие и местоположение стыков, мест изменения сечений, ребер жесткости, соединительных элементов, связей, опорных частей;

– отклонения в длине, высоте и качестве сварных швов, размещении, количестве и диаметре заклепок и болтов;

– наличие специальной обработки и пригонки кромок и торцов;

– дефекты и повреждения элементов и узлов и т. п.

Особое внимание при освидетельствовании следует обратить на элементы и узлы, разрушение которых может привести к обрушению конструкции (например – пояса и опорные раскосы ферм, пояса балок, укрупнительные стыки и др.), а также на участки, где после реконструкции возрастает интенсивность технологических нагрузок и воздействий.

Выявление отклонений, дефектов и повреждений и измерение их величин производится путем осмотра и обмера конструкций с использованием измерительного инструмента, специальных измерительных приборов, неразрушающих методов контроля качества металла. Приспособления, инструменты и приборы должны обеспечивать требуемую точность измерений и отвечать требованиям техники безопасности.

Определение степени коррозионного повреждения стальных конструкций производится в соответствии с требованиями СП 28.13330.

При визуально-инструментальном контроле выявляют дефекты и повреждения болтовых и заклепочных соединений по следующим диагностическим признакам:

- отсутствие или разрушение элемента соединения;
- дефекты форм соединения;
- трещины в металле элементов соединения;
- износ (механический – по подтекам ржавчины из-под головки или гайки, буртик вокруг элемента соединения; коррозионный);
- взаимное смещение элементов соединения относительно друг друга или от проектного положения в результате пластических деформаций или износа этих элементов.

К дефектам и повреждениям сварных швов относятся: хрупкие трещины, несплавления кромок, непровары, газовые поры, незаваренные кратеры, неподваренный корень шва, степень провара угловых швов, подрезы и другие дефекты, более подробный перечень которых содержится в ГОСТ 2601.

Освидетельствование сварных швов включает следующие операции: зачистка швов от шлака и загрязнений, внешний осмотр швов с выявлением дефектов и повреждений, измерение катетов и длин швов, в необходимых случаях – определение степени провара и наличия внутренних дефектов (пор, шлаковых включений, внутренних трещин).

Методы контроля качества сварных швов определены в ГОСТ 3242, ГОСТ 7512, ГОСТ Р 55724.

Трещины, не выходящие на поверхность, и другие скрытые дефекты стыковых сварных швов обнаруживаются при помощи физических методов контроля: ультразвукового, магнитного порошкового, электромагнитного, а также при помощи гамма- и рентгенографии.

Методы ультразвукового контроля стальных конструкций определены в ГОСТ 12503.

Выявление хрупких трещин в основном металле, сварных швах и околошовной зоне наиболее вероятно при наличии и сочетании ряда факторов: об-

ласть отрицательных температур, характер нагружения (ударные и быстроменяющиеся нагрузки), влияние напряженного состояния, геометрические размеры элементов конструкций, типа соединений, качество стали (свойства стали в направлении толщины), воздействие технологических процессов изготовления и монтажа, конструктивные факторы (резкие перепады сечений и концентраторы напряжений; пересечения листовых элементов, когда растягивающие усилия передаются с примыкающих элементов на основные в направлении толщины последних; входящие необработанные углы узловых деталей; отверстия и кромки, образованные продавливанием, рубкой, газовой резкой без последующей механической обработки; зоны сближения, окончания и пересечения сварных швов, прерывистые швы и швы, расположенные поперек растягивающих усилий; зоны сварных швов, не имеющих плавного перехода к основному металлу, незаваренные кратеры и подрезы, неподваренный корень шва; участки поверхности металла с наличием неудаленных и незачищенных сварных швов, остатков прихваток, наплывов металла и др.).

2.4 Требования по составу Заключения по результатам обследования.

Заключение по итогам обследования технического состояния объекта включает в себя:

- оценку технического состояния (категорию технического состояния);
- материалы, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта;
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях (при наличии);
- задание на проектирование мероприятий по восстановлению или усилению конструкций (если необходимо).

Форма заключений по обследованию приведена в приложениях Б и В ГОСТ 31937-2011. При этом форма может меняться в зависимости от требований Заказчика и особенностей объекта обследования.

Как правило заключение должно базироваться на результате технического обследования, представленных в техническом отчете о результатах проведения обследования. Отчет должен включать в себя следующие разделы:

- список исполнителей;
- содержание;
- введение;
- общие данные об объекте обследования;
- описание методики проведения обследования (программа обследования);
- результаты обследования;
- поверочные расчеты;
- выводы и рекомендации;
- список литературы;
- приложения (протоколы испытаний, фотофиксация, чертежи, схемы, лицензии и допуски организации, и прочее).

В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы, должности, ученые степени и звания лиц, принимавших участие в обследовании, а также желательно с указанием выполненных ими работ.

Во введении указывается основание указываются на каком основании выполняется данная работа (№ договора, полные наименования организаций или лиц, заключивших этот договор и т.п.), цели и задачи обследования, сроки проведения обследования и т.д.

В Общих данных об объекте обследования указывается:

- описание окружающей местности,
- описание конструктивной схемы здания, примененных материалов и конструкций
- геометрические размеры здания, количество и высота этажей, функциональное назначение и возраст здания,
- сведения о ремонтах или реконструкции здания,

- наличие архивные материалы по объекту,
- данные об эксплуатации здания и технологических процессах,
- приводятся фотографии общего вида здания, описание общего состояния объекта и т.д.

Методика обследования должна содержать:

- последовательность и способы проведения обследования;
- список приборов и методов для определения контролируемых параметров;
- указание расположения мест вскрытия конструкций и отрывки шурфов;
- количество отбираемых образцов или испытаний для определения физико-механических характеристик материалов конструкций и т.п.

3. ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С КОРРУПЦИЕЙ

3.1 Технология обмерных работ, включая лазерное сканирование.

Обмерные работы – это комплекс работ, ориентированных на определение фактических (реальных на данный момент времени) геометрических размеров зданий, сооружений, внутренних помещений и строительных конструкций при помощи специальных измерительных приборов.

Обследование зданий и сооружений практически всегда сопровождается обмерами с целью установления реальных расчетных схем, в ходе которых также фиксируются положения дефектов и повреждений. Результаты обмерных работ являются исходными данными для проведения проверочных расчетов элементов строительных конструкций.

Анализ результатов обмерных работ в совокупности с проектной документацией позволяет оценить потенциально слабые места сооружения, места где проводилась перепланировка или реконструкция.

Точность проведения обмерных работ зависит от поставленных целей.

Так, например, схематический обмер позволяет определить основные геометрические параметры сооружения, то есть определить ориентировочные объемы работ.

Более детальный, с подробной фиксацией размеров помещений, проемов, перекрытий, кровель, называется архитектурным обмером. Результат архитектурного обмера - планы, фасады и разрезы сооружения.

В общем виде, обмерные работы состоят из трех этапов:

1. Выполнение эскизных чертежей.
2. Обмер сооружения в натуре, зарисовки, фотофиксация.
3. Камеральная обработка чертежей.

Первый и третий этапы относятся к полевым работам, выполняемым на объекте.

Третий этап - камеральная обработка, работа, выполняемая в системах автоматизированного проектирования (САПР), таких как AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС и т.д.

Эскизные чертежи прорисовываются максимально подробно, достаточно точно передавая пропорции крупных и мелких элементов. Фасады изображаются без перспективных искажений. Для удобства маленькие помещения или элементы фасада рекомендуется зарисовать отдельно, делая выноску на основном эскизе.

Далее, на эскизные чертежи, наносят результаты измерений. Для составления планов здания проводятся промеры внешнего и внутреннего контура сооружения на каждом этаже сооружения. Горизонтальной плоскостью считается горизонтальный срез, проходящий по уровню окон этажей. Часто обследуемые сооружения имеют криволинейные в плане линии или изменения геометрии из-за перестроек, в таком случае к промерам помещений стен добавляются промеры по диагоналям. План разбивается на треугольники, которые при вычерчивании строятся с помощью засечек. Столбы и колонны также привязываются к углам засечками. В ходе обмеров обязательно замеряются толщина стен в разных проемах, глубина ниш, ширина окон и дверей, осуществляется их привязка к стенам.

В ходе высотных обмеров делают промеры от нулевой отметки с помощью рулетки и длинного шеста с поперечной рейкой на конце (телескопическая линейка). В качестве нулевой отметки принимают различные уровни фасадных плоскостей (уровень цокольного этажа, нижний уровень окон первого этажа). В случае деформаций сооружения нулевую отметку выносят с помощью геодезических приборов (нивелир, тахеометр) и отмечают мелом, маркером и т.д.

В случае пропуска промера вертикального размера кирпичного сооружения, данный размер можно рассчитать по количеству рядов кладки. Для этого необходимо предварительно определить среднюю высоту одного ряда кладки по 10 или более рядам.

Состав и номенклатура обмерных работ зависит от задач обследования. В общем случае проводят:

- здания (сооружения) в целом;
- отдельных элементов здания (сооружения) (фасадов, планов и т.п.);
- отдельных конструкций (стен, колонн, перекрытий и т.п.);
- отдельных конструктивных элементов (поперечных сечений, узлов сопряжения и т.п.).

Если в задачи обследования входит только оценка общего технического состояния отдельных конструкций, то обмеры здания, как правило, не проводят, за исключением тех случаев, когда на фасадах имеются трещины или другие дефекты. В последнем случае объем обмеров определяется необходимостью привязки этих дефектов к конкретным конструкциям или конструктивным элементам.

Обмеры зданий (сооружения) в целом обычно проводят без вскрытия. В необходимых случаях с целью определения конструктивного решения и толщины декоративных внешних покрытий проводится локальное зондирование.

Обмеры конструкций проводятся как без вскрытия, так и после локального вскрытия и зондирования.

Результаты обмеров представляют в графическом виде с поясняющим текстом.

Графические материалы (поэтажные планы, разрезы, эскизы конструкций и т.п.) выполняют с учетом требований ГОСТ Р.21.501-2011.

Средства измерения, оборудование, приспособления

Для проведения обмеров следует применять:

- геодезические средства измерений;
- средства измерения (далее - СИ) линейно-угловых величин;
- приспособления и оборудования, обеспечивающие проведения измерений (штативы и т.п.),
- средства, обеспечивающие доступ к объектам измерения (подмости, лестницы, и т.п.).

– средства регистрации результатов измерений (цифровые фотоаппараты, планшеты, карандаши, ручки и другие канцелярские принадлежности и т.п.).

При проведении обмеров следует использовать СИ с диапазоном и ценой деления, соответствующими пределам измерения и заданной точности измерения.

При проведении обмеров используют при измерении:

– линейных и угловых размеров фасадов:

- тахеометры,
- нивелиры,
- лазерные дальномеры (лазерные рулетки);
- рулетки.

– линейных размеров помещений и конструктивных элементов, искривлений, просадок, прогибов, размеров и расположения дефектов (кроме ширины раскрытия трещин):

- мерные ленты,
- стальные рулетки (3 и 20 м);
- оптические дальномеры (лазерные рулетки) со штативом,
- складные метры (2 м),
- стальные линейки (20, 50 и 100 см),
- штангенциркули (125 и 150 мм),
- гидравлические нивелиры;
- уровни,
- отвесы.

Для нахождения арматуры в железобетонных конструкциях и измерения ее диаметра и толщины защитного слоя в железобетонных и кирпичных конструкциях:

- без зондирования конструкций применяют приборы по ГОСТ 22904,
- при зондировании применяют линейки, штангенциркули-

глубиномеры.

СИ должны быть исправны и находится в рабочем состоянии. Стандартизованные СИ должны быть поверены или калиброваны, а нестандартизованные СИ – метрологически аттестованы в соответствии с ГОСТ Р 8.568.

Ко всем СИ должны прилагаться инструкции по их эксплуатации (применению) и необходимые приспособления и устройства (штативы и т.п.), обеспечивающие правильность проведения измерений. Измерения с использованием нестандартизованных СИ проводятся по Инструкциям, разработанным в соответствии с ГОСТ Р 8.563.

Для осуществления зондирования строительных конструкций в зависимости от поставленной задачи и типа конструкции используют следующие средства:

- дрели;
- средства для выбуривания кернов;
- средства для резки материалов (пилы и т.п.).

При зондировании железобетонных и каменных конструкций средства зондирования снабжают алмазным режущим инструментом (сверлами, буровыми колонками, пилами).

Подготовка к проведению обмерных работ

Места проведения измерений (обмеров) устанавливаются в Рабочей программе обследования и могут быть уточнены в процессе обследования его Руководителем. Перед началом обмерных работ следует проверить исправность и работоспособность СИ, которые предполагается использовать. При этом следует также проверить срок действия сертификатов калибровки (свидетельств о поверке, свидетельств о метрологической аттестации).

Руководитель обследования перед проведением обмеров проверяет у персонала, который будет проводить измерение:

- знание методик проведения измерений,
- наличие навыков в проведении измерений с конкретными типами СИ,
- умение снимать отсчеты с СИ при проведении измерений.

При необходимости, Руководитель обследования организует или проводит сам обучение персонала порядку, правилам и методам проведения измерений.

Перед проведением обмеров следует подготовить рабочие формы для ведения записей - ведомости (таблицы) и графический материал (эскизы), в которые вносятся их результаты измерений.

Обработку результатов измерений следует проводить в программе Excel по заранее подготовленным формам, включающим расчетные формулы. При этом в одну графу и строку таблицы следует заносить только один численный показатель (например, только длину или только ширину) и не включать его обозначение (м, см, мм и т.п.).

Графические рабочие формы записей рекомендуется составлять на основе имеющейся технической документации (проектной документации, планов Бюро технической инспекции и т.п.) и/или результатов ранее выполненного обследования.

С учетом целей обмерных работ рекомендуется подготовить следующие графические рабочие формы:

- схемы общих деформаций (просадок, наклонов и т.п.) зданий (сооружений)

- поэтажные планы, выполненные в масштабе не менее 1:100 (для зданий небольшого размера - 1:50);

- эскизы разрезов здания (в том числе по лестничным клеткам);

- эскизы узлов конструкций,

- эскизы конструкций (стен, перекрытий и т.п.), если надо - по помещениям, для нанесения расположения дефектов.

Предоставление результатов обмерных работ

Результаты обмеров представляют в зависимости от поставленной задачи в форме:

- общего описания обследованного здания (сооружения), включающего:

- его наименование и назначение,

- описание его конструктивной и расчетной схемы,
 - информацию о проведенных ремонтах и реконструкциях,
 - информацию о результатах ранее проведенных обследований
- таблиц (ведомостей) и схемы расположения выявленных на конструкциях дефектов;
- планов, в том числе:
- поэтажных или по высотным отметкам, включая подвалы, технические этажи и чердачные помещения,
 - перекрытий, включая план расположения балок перекрытия,
 - отдельных помещений;
- наиболее характерных поперечных разрезов здания, в которые, как правило, включают разрезы по лестничным клеткам;
- эскизов (чертежей):
- фасадов зданий (сооружений) с имеющимися на них дефектами;
 - поперечных сечений отдельных строительных конструкций;
 - узлов сопряжения отдельных строительных конструкций.
 - конструкций кровли.

В одной ведомости и на одном и том же эскизе (во избежание возможных ошибок при дальнейшей обработке) значения измеренных величин рекомендуется представлять в одной размерности:

– в см - для размеров конструкций, конструктивных элементов, дефектов (зон дефектов), длин трещин,

– в мм - для значений деформаций и ширины раскрытия трещин.

В таблицах и на эскизах (чертежах):

– указываются единицы измерений,

– отмечается, включает ли приведенное в таблице или на эскизе значение измеренной величины (толщины, ширины и т.п.) толщину защитного или декоративного покрытия (штукатурного слоя, облицовочной плитки и т.п.).

В случае если в одной ведомости и на одном и том же эскизе (чертеже) значения измеренных величин приведены в разных размерностях, то это должно быть указано в заголовке соответствующей графы таблицы и в примечании на эскизе.

Обмерочные чертежи графически оформляются по правилам архитектурно-строительных рабочих чертежей. Поэтажные планы (в том числе планы подвала и чердачного помещения) и разрезы здания выполняются в масштабе 1:100 или 1:50.

На поэтажных планах указывают:

- габаритные размеры здания (на плане первого или цокольного этажа);
- цепочки размеров по наружной грани ограждающих стен: ширину простенков и оконных проемов (на плане первого или цокольного этажа);
- толщину ограждающих и внутренних стен (перегородок);
- размеры внутренних помещений, включая ширину простенков, оконных и дверных проемов;
- размеры лестничных клеток, включая ширину лестничных площадок и ступеней.

На разрезах здания или их частях, не проходящих через лестничные клетки, указывают:

- высоту этажей;
- высоту дверных проемов (от пола до низа коробки),
- высоту оконных проемов, надоконных и подоконных участков стен.
- высоту цоколя;
- высоту здания от уровня грунта до карниза;
- высоту здания от уровня грунта до конька крыши;
- толщину перекрытия (по возможности и толщину конструкции пола).

На разрезах здания, проходящих через лестничные клетки, указывают

- высоту лестничных маршей,
- высоту ступеней (при необходимости),

- толщину лестничных площадок,
- толщину лестничных маршей,
- высоту дверных проемов (от пола до низа коробки),
- высоту оконных проемов, надоконных и подоконных участков стен.

Если стены оштукатурены или облицованы, на чертежах (эскизах) необходимо указать, что обмеры проводились по облицовке и ее толщину.

На планах перекрытий указывают:

- шаг главных и второстепенных балок (для балочного перекрытия);
- расположение несущих балок и косоуров лестничных клеток;
- расположение и ширину плит перекрытия (для безбалочного сборного железобетонного перекрытия).

Эскизы (чертежи) поперечных сечений конструкций и узлов их сопряжения выполняют в масштабе, позволяющем отобразить все необходимые детали. На них приводят наиболее характерные узлы сопряжения конструкций и указывают:

- размеры поперечного сечения;
- длину заделки (опирания) балок и плит;
- схему армирования.

При проведении обмеров фасадов зданий и сооружений, в том числе находящихся в аварийном состоянии, при использовании перечисленных выше средств измерений, возникают проблемы снижения точности получаемых данных ввиду сложности доступа к верхним конструкциям и архитектурным элементам.

Для решения данной проблемы может быть использована современная геодезическая аппаратура, в основе которой лежит измерение пространственно-координатного положения конструкций. Для начала рассмотрим тахеометрическую съемку.

Предложенная методика измерений позволяет получать объективную информацию о конфигурации планов и фасадов зданий.

Ниже рассмотрены основные этапы проведения работ:

1. **Подготовительный этап.** Производится фотосъемка объекта по периметру, с расчетом на перекрытие фотографий. На полученные распечатанные снимки наносятся номера характерных узлов конструкций (углы окон, зданий, точки на карнизах и козырьках, габаритные узлы сооружения и т.д.).

2. **Измерительный этап.** С помощью тахеометрической съемки в единой системе координат производится съемка пространственного положения точек, замаркированных на фотоснимках. Информация о вертикальном и горизонтальном положении точек в выбранной системе записывается в память прибора с присвоенными им номерами.

3. **Этап обработки данных.** Полученный сводный файл координат точек обрабатывается и импортируется в среду САД системы, в результате чего в рабочем пространстве появляются точки, названия которых автоматически подписываются рядом. Для получения планов и фасадов здания пользователю необходимо последовательно соединять точки, в соответствии с их нумерацией на фотоснимках.

Современные роботизированные тахеометры в некоторых случаях оснащаются специальными сервоприводами, что позволяет выполнять съемку целей и на 40% быстрее, чем при использовании традиционных моторизованных тахеометров.

В случае крупногабаритных объектов, в том числе для большепролетных стержневых пространственных конструкций с сотнями элементов проведение полномасштабных измерений с применением описанных выше тахеометров является затруднительным в виду значительного количества точек измерений. В условиях большого числа контролируемых узлов объекта целесообразным является использование современных лазерных сканеров, позволяющих проводить измерения до 100 000 измерений в секунду с точностью в диапазоне от 1 мм до 10 мм на расстояниях до 1000 м. Современные лазерные сканеры оснащены фотокамерой для возможности окрашивания полученного облака точек, что в ряде случаев, значительно упрощает процесс создания чертежей.

Работа сканера проводится в три этапа:

1. Сканирование низкой разрешающей способности для определения диапазонов измерения. Проводится примерно 1-2 минуты.

2. Тщательное сканирование с высокой разрешающей способностью. При этом есть варианты задания разрешающей способности. Разные производители наземных сканирующих систем реализуют разные подходы к заданию разрешающей способности. Так, например, одни запрашивают углы по горизонтальной и вертикальной оси на которые будет поворачиваться прибор. В этом случае, облако точек будет гуще где меньше расстояние до объекта, и значительно рассеется на расстоянии. Другие же, запрашивают шаг смещения точки в получаемом облаке. В результате получается однородное облако точек вне зависимости от дальности сканирования, однако такой подход увеличивает время сканирования. Сканирование может занимать от 5 минут до нескольких часов.

3. Автоматическое фотографирование всего объема что был сканирован с перекрытием фотографий. В зависимости от производителя камера может встроена в корпус сканирующей системы или быть съемной.

Первичным результатом получаемых данных является трехмерное облако точек. Отдельные сканы объединяются по общим замаркированным точкам в общее облако точек (рисунок 3.1). Результатом последующей обработки облака точек являются планы, фасады и разрезы сооружения (рисунок 3.2).



Рисунок 3.1 - 3D точечная модель здания

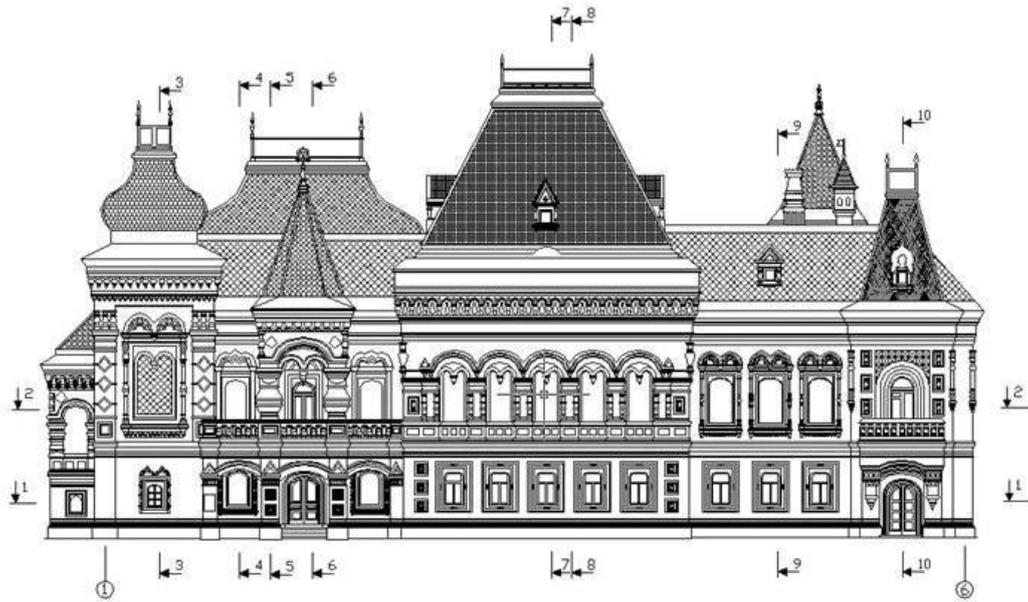


Рисунок 3.2 - Чертеж фасада здания, выполненный по результатам лазерного сканирования

Процесс обрисовки сканов довольно трудоемкий. Обработка результатов одного сканирования может занять до 30 дней.

Однако, разработано немало средств автоматизации построения чертежей и 3D моделей по облаку точек. Так, например, система AVEVA Laser Modeller в полуавтоматическом режиме выбирает нужные элементы каталога, включая трубопроводы, металлоконструкции и оборудование. Полученная 3D модель в САД среде трансформируется в чертежи.

3.2 Необходимость отбора и испытаний образцов.

Обеспечение заданного качества и надежности строительных конструкций, зданий и сооружений является принципиальной задачей строительной отрасли. Для решения данной задачи необходимо, в том числе, обеспечить контроль качества выпускаемой продукции, позволяющий достоверно и с достаточной долей обеспеченности оценить физико-механические характеристики используемых материалов. Основными критериями проектного качества строительной продукции является физические, геометрические и функциональные показатели.

Выбор материала для какой-либо определенной цели делают на основе его механико-технологических, физических и химических свойств. Контролировать эти свойства необходимо как в процессе изготовления, так и в ходе эксплуата-

ции для выявления недопустимых изменений, а в случае повреждения изделия – определять его причину.

Важной характеристикой материалов является количество компонентов, из которых они состоят. Анализ состава предполагает проведение элементарного анализа для определения рода и количества элементарных компонентов. В данной работе задачи теоретического определения состава материала не ставились.

Для выявления состояния и эксплуатационного контроля конструкций, за которыми предусмотрен технический надзор, например, транспортные средства, преимущественно применяют методы неразрушающего контроля. Если, несмотря на проведение такого предупредительного контроля, все же в процессе эксплуатации произойдет разрушение конструкции вследствие дефектов самого материала, недостатков конструкции или ее изготовления, либо ошибок при эксплуатации необходимо всесторонне изучить характер этого разрушения для того, чтобы определить его причины. Применяемые для этой цели традиционные металлографические, механические и технологические способы испытания могут быть весьма эффективно дополнены, к примеру, исследованиями поверхности излома микроскопами, акустическими и другими методами.

В практике проведения обследования и строительного контроля выделяют следующие методы испытаний материалов и конструкций:

- механические испытания, связанные с определением прочности материала при локальном механическом воздействии (удар, отрыв, скол, вдавливание, отрыв со скалыванием, упругий отскок и прочее);

- лабораторные испытания, связанные с испытаниями до разрушения образцов стандартного размера с использованием стационарных прессов и испытательных машин (разрывные машины, копры и прочее);

- акустические, связанные с определением параметров упругих колебаний с помощью ультразвуковой нагрузки и регистрации эффектов акустоэмиссии;

- метод проникающих сред (течеискание, капиллярный метод, оценка водонепроницаемости);

- магнитные методы (индукционный и магнитопорошковый);
- радиационные методы, связанные с использованием нейтронов, радиоизотопов и тормозного излучения;
- тепловые методы, связанные с контролем тепловых полей и теплового контраста исследуемого объекта;
- радиоволновые методы, основанные на эффекте распространения высокочастотных и сверхвысокочастотных колебаний;
- электрические методы, основанные на оценке электропроводности, электроиндуктивности и электрического сопротивления изучаемого объекта.

К наиболее распространенным следует отнести первые четыре метода. Остальные методы являются «специфичными» и их использование подразумевает привлечение высококвалифицированного персонала и дорогостоящих приборов (тепловизоры, дефектоскопы и подобное).

Механические методы испытаний используются для исследования прочности, деформируемости, пластичности, вязкости и характера разрушения изделия. Данные методы испытаний могут быть использованы для любого типа строительного материала.

Целью лабораторных испытаний является определение фактических физико-механических характеристик материалов конструкций на момент проведения обследования.

Необходимость проведения лабораторных испытаний обычно устанавливают при разработке программы проведения обследования. При этом может быть разработана непосредственно программа проведения лабораторных испытаний, включающая:

- перечень строительных конструкций, из которых должны быть отобраны пробы для лабораторных испытаний;
- перечень видов лабораторных испытаний, которые должны быть проведены;
- места отбора проб из конкретных строительных конструкций, число проб, отбираемых из каждой конструкции;

- методы и средства, применяемые для отбора проб из строительных конструкций;

- требования к упаковке, хранению и доставке проб в лабораторию;

- перечень лабораторий, в которых предполагается проводить испытания;

- методы и средства, применяемые при лабораторных испытаниях с указанием нормативных документов, в соответствии с которыми должны проводиться лабораторные испытания.

Результаты лабораторных испытаний оформляют в виде протокола либо частного отчета, в котором указывают:

- методы и средства, применявшиеся при отборе проб;

- перечень аттестованных лабораторий, в которых были проведены испытания;

- применявшиеся методы лабораторных испытаний;

- протоколы лабораторных испытаний с результатами испытаний;

- сравнение результатов лабораторных испытаний с требованиями проекта и/или нормативных документов.

3.3 Построение градуировочных зависимостей.

Прочность бетона является одним из наиболее часто контролируемых параметров при строительстве и обследовании железобетонных конструкций. Согласно ГОСТ 18105, методы определения прочности бетона делятся на три группы:

- разрушающие;

- прямые неразрушающие (метод локальных разрушений);

- косвенные неразрушающие.

Сущность разрушающих методов заключается в испытании в прессе специально изготовленных контрольных образцов бетона (ГОСТ 10180-2012) или образцов, отобранных из конструкций (ГОСТ 28570-2019). Данные методы являются наиболее точными и достоверными. Вместе с тем они имеют высокую

стоимость, а при отборе образцов из конструкций происходит существенное нарушение их целостности.

К прямым неразрушающим методам (ГОСТ 22690-2015) относится определение прочности бетона непосредственно в конструкции методом локальных разрушений – отрыва, отрыва со скалыванием и скалывания ребра. Это самые точные из методов неразрушающего контроля прочности, поскольку для них допускается использовать известные, универсальные градуировочные зависимости без привязки и корректировки, однако данные методы характеризуются высокой стоимостью и значительной трудоемкостью испытаний. Кроме того, метод отрыва со скалыванием невозможно использовать в густоармированных и тонкостенных конструкциях; при использовании метода отрыва необходимо заранее (за 3-24 часа до испытания) наклеивать на конструкции диски, а метод скалывания ребра неприменим при защитном слое толщиной менее 20 мм и наличии повреждений защитного слоя.

В связи с этим часто применяются косвенные неразрушающие методы определения прочности бетона. Наиболее распространенными являются ультразвуковой метод (ГОСТ 17624-2012), а также механические неразрушающие методы: ударно-импульсный и метод упругого отскока (ГОСТ 22690-2015). Они основаны на связи косвенных показателей (показаний прибора) и прочности бетона, которая определяется по предварительно экспериментально устанавливаемым градуировочным зависимостям. Использование универсальной градуировочной зависимости допускается только для получения ориентировочных значений прочности. Градуировочная зависимость – это графическая или аналитическая зависимость, связывающая косвенный показатель соответствующего метода (скорость или время распространения ультразвука, высота отскока бойка от поверхности бетона, параметр ударного импульса и т.д.) с фактической прочностью бетона.

Установление градуировочной зависимости можно выполнять на основании результатов проведения параллельных испытаний конструкций ультразвуковым методом и:

- тех же участков конструкций методом отрыва со скалыванием;
- образцов-керна, выпиленных (выбуренных) из тех же участков конструкций;
- стандартных образцов (кубов), изготовленных из бетонной смеси того же состава, по той же технологии, при том же режиме твердения, что и испытываемые конструкции.

При построении градуировочной зависимости по результатам отрыва со скалыванием или испытаний отобранных образцов предварительно ультразвуковыми измерениями определяют участки конструкций с минимальным и максимальным косвенными показателями. Затем выбирают не менее 12 участков, включая те, в которых косвенный показатель имеет максимальное, минимальное и промежуточные значения. Для построения градуировочной зависимости по результатам испытаний образцов-кубов испытывают не менее 15 серий образцов.

Прочность бетона определяют по градуировочной зависимости при условии, что измеренное значение косвенного показателя находится в пределах между наименьшим H_{min} и наибольшим H_{max} значениями, полученными при построении градуировочной зависимости.

Уравнение градуировочной зависимости «косвенный показатель-прочность бетона» принимают линейным по формуле:

$$R = aH + b \quad (3.1)$$

где R – прочность бетона, МПа;

H – косвенная характеристика прочности.

Коэффициенты a и b вычисляют по формулам:

$$b = \bar{R}_\phi - a\bar{H} \quad (3.2)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n [(R_{\phi i} - \bar{R}_\phi)(H_i - \bar{H})]}{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2} \quad (3.3)$$

где $R_{\phi i}$ – прочность бетона на i -ом участке, определенная при испытании образцов или методом отрыва со скалыванием, МПа;

H_i – косвенный показатель на i -ом участке (образце);

$\bar{R}_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{\phi i}}{n}$ – среднее значение прочности бетона, МПа;

$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$ – среднее значение косвенного показателя;

n – число участков или образцов.

После построения градуировочной зависимости проводят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию:

$$\frac{|R_{\phi i} - R_{hi}|}{S} \quad (3.4)$$

где R_{hi} – прочность бетона на i -ом участке, определенная по градуировочной зависимости, МПа.

Для установления возможности применения градуировочной зависимости оценивают ее параметры.

Остаточное среднеквадратическое отклонение S определяют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{\phi i} - R_{hi})^2}{n - 2}} \quad (3.5)$$

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости r определяют по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(R_{hi} - \bar{R}_h)(R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{hi} - \bar{R}_h)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})^2}} \quad (3.6)$$

где $\bar{R}_h = \frac{\sum_{i=1}^n R_{hi}}{n}$ – среднее значение прочности бетона по градуировочной зависимости, МПа.

Если $r < 0,7$ или $\frac{S}{\bar{R}_{\phi}} > 0,15$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускаются.

Проверка и корректировка установленной градуировочной зависимости с учетом дополнительно получаемых результатов испытаний должны проводиться не реже одного раза в месяц. Число образцов или участков при проведении корректировки должно быть не менее трех. Результаты предыдущих испытаний, начиная с первых, отбраковывают так, чтобы общее число результатов не превышало 20. После отбраковки единичных результатов испытаний и добавления новых H_{min} , H_{max} , градуировочную зависимость и ее параметры устанавливают вновь.

3.4 Статистическая обработка результатов контроля свойств материалов.

Термину нормируемая прочность бетона в ГОСТ 53231-2008 (Бетоны Правила контроля и оценки прочности) дано следующее определение - проектные классы бетона (В, В_{тб}, В_т) в проектном возрасте или их доля в промежуточном возрасте в конструкциях или бетонной смеси, готовой к применению (БСГ).

Следует отличать нормируемую прочность от близкой по звучанию нормативной прочности, используемой в нормах проектирования.

Нормативными показателями, используемыми в нормах проектирования, являются:

– определяемые по ГОСТ 24452 (Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона):

– призмочная прочность – прочность на сжатие,

– модуль упругости,

– коэффициента Пуассона,

– определяемые по ГОСТ 24544 (Бетоны Методы определения деформаций усадки и ползучести):

– ползучесть,

– усадка.

До последнего времени эти показатели, как правило, определили научно-исследовательские институты при проведении научно-исследовательских работ, а результаты этих исследований вносили в нормативные документы по проектированию (СНиП, СП, РД).

Однако в связи с использованием проектными организациями новых методов расчета (метода конечных элементов) появилась потребность в определении модуля упругости, ползучести, усадки в производственных лабораториях при подборе составов бетонов.

Класс бетона по прочности связан с разбросом (неоднородностью) значений результатов единичных испытаний (измерений) прочности бетона, как в образцах, так и в конструкциях.

Считается, что разброс отдельных значений носит случайный (статистический) характер, и они распределены по кривой Гаусса, т.е. по нормальному закону распределения. Оценка прочности бетона с учетом статистической однородности определяют учетом ГОСТ 18105-2018.

3.5 Меры по борьбе с коррупцией при организации проведения испытаний, обследований или мониторинге строительных конструкций объектов промышленного и гражданского строительства.

Федеральным законом от 25.12.2008 N 273-ФЗ "О противодействии коррупции" определены меры по профилактике коррупции и основные направления деятельности государственных органов по повышению эффективности противодействия коррупции.

Профилактика коррупции осуществляется путем применения следующих основных мер:

- 1) формирование в обществе нетерпимости к коррупционному поведению;
- 2) антикоррупционная экспертиза правовых актов и их проектов (рассмотрение в федеральных органах государственной власти, органах государственной власти субъектов Российской Федерации, органах местного самоуправления, других органах, организациях, наделенных федеральным законом отдельными государственными или иными публичными полномочиями, не реже одного раза в квартал вопросов правоприменительной практики по результатам вступивших в законную силу решений судов, арбитражных судов о признании недействительными ненормативных правовых актов, незаконными решений и действий (бездействия) указанных органов, организаций и их должностных лиц

в целях выработки и принятия мер по предупреждению и устранению причин выявленных нарушений);

3) предъявление в установленном законом порядке квалификационных требований к гражданам, претендующим на замещение государственных или муниципальных должностей и должностей государственной или муниципальной службы, а также проверка в установленном порядке сведений, представляемых указанными гражданами;

4) установление в качестве основания для освобождения от замещаемой должности и (или) увольнения лица, замещающего должность государственной или муниципальной службы, включенную в перечень, установленный нормативными правовыми актами Российской Федерации, с замещаемой должности государственной или муниципальной службы или для применения в отношении его иных мер юридической ответственности непредставления им сведений либо представления заведомо недостоверных или неполных сведений о своих доходах, расходах, имуществе и обязательствах имущественного характера, а также представления заведомо ложных сведений о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера своих супруги (супруга) и несовершеннолетних детей;

5) внедрение в практику кадровой работы федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления правила, в соответствии с которым длительное, безупречное и эффективное исполнение государственным или муниципальным служащим своих должностных обязанностей должно в обязательном порядке учитываться при назначении его на вышестоящую должность, присвоении ему воинского или специального звания, классного чина, дипломатического ранга или при его поощрении;

6) развитие институтов общественного и парламентского контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации о противодействии коррупции.

Основными направлениями деятельности государственных органов по повышению эффективности противодействия коррупции являются:

1) проведение единой государственной политики в области противодействия коррупции;

2) создание механизма взаимодействия правоохранительных и иных государственных органов с общественными и парламентскими комиссиями по вопросам противодействия коррупции, а также с гражданами и институтами гражданского общества;

3) принятие законодательных, административных и иных мер, направленных на привлечение государственных и муниципальных служащих, а также граждан к более активному участию в противодействии коррупции, на формирование в обществе негативного отношения к коррупционному поведению;

4) совершенствование системы и структуры государственных органов, создание механизмов общественного контроля за их деятельностью;

5) введение антикоррупционных стандартов, то есть установление для соответствующей области деятельности единой системы запретов, ограничений и дозволений, обеспечивающих предупреждение коррупции в данной области;

6) унификация прав государственных и муниципальных служащих, лиц, замещающих государственные должности Российской Федерации, государственные должности субъектов Российской Федерации, должности глав муниципальных образований, муниципальные должности, а также устанавливаемых для указанных служащих и лиц ограничений, запретов и обязанностей;

7) обеспечение доступа граждан к информации о деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления;

8) обеспечение независимости средств массовой информации;

9) неукоснительное соблюдение принципов независимости судей и невмешательства в судебную деятельность;

10) совершенствование организации деятельности правоохранительных и контролирующих органов по противодействию коррупции;

11) совершенствование порядка прохождения государственной и муниципальной службы;

12) обеспечение добросовестности, открытости, добросовестной конкуренции и объективности при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных или муниципальных нужд;

13) устранение необоснованных запретов и ограничений, особенно в области экономической деятельности;

14) совершенствование порядка использования государственного и муниципального имущества, государственных и муниципальных ресурсов (в том числе при предоставлении государственной и муниципальной помощи), а также порядка передачи прав на использование такого имущества и его отчуждения;

15) повышение уровня оплаты труда и социальной защищенности государственных и муниципальных служащих;

16) укрепление международного сотрудничества и развитие эффективных форм сотрудничества с правоохранительными органами и со специальными службами, с подразделениями финансовой разведки и другими компетентными органами иностранных государств и международными организациями в области противодействия коррупции и розыска, конфискации и репатриации имущества, полученного коррупционным путем и находящегося за рубежом;

17) усиление контроля за решением вопросов, содержащихся в обращениях граждан и юридических лиц;

18) передача части функций государственных органов саморегулируемым организациям, а также иным негосударственным организациям;

19) сокращение численности государственных и муниципальных служащих с одновременным привлечением на государственную и муниципальную службу квалифицированных специалистов;

20) повышение ответственности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и их должностных лиц за непринятие мер по устранению причин коррупции;

21) оптимизация и конкретизация полномочий государственных органов и их работников, которые должны быть отражены в административных и должностных регламентах.

4. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводят для:

- контроля технического состояния зданий и сооружений и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния;

- выявления объектов, на которых произошли изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и для которых необходимо обследование их технического состояния;

- обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние;

- отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения.

Для определения задач мониторинга технического состояния конкретного здания (сооружения) разрабатывают программу проведения мониторинга, в которой наряду с перечислением видов работ устанавливают систему и периодичность наблюдений с учетом технического состояния объекта, а также общую продолжительность мониторинга. Программу проведения мониторинга согласовывают с заказчиком.

При выборе системы наблюдений учитывают цель проведения мониторинга, а также скорости протекания процессов и их изменение во времени, продолжительность измерений, ошибки измерений, в том числе за счет изменения состояния окружающей среды, а также влияния помех и аномалий природно-техногенного характера.

Методика и объем системы наблюдений при мониторинге, включая измерения, должны обеспечивать достоверность и полноту получаемой информации

для подготовки исполнителем обоснованного заключения о текущем техническом состоянии объекта (объектов).

В ходе длительных наблюдений и при изменении внешних условий необходимо обеспечить учет изменения условий и компенсационные поправки (температурные, влажностные и т. п.) для измерительных устройств.

В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем техническом состоянии здания или сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период.

Первоначальным этапом мониторинга технического состояния зданий (сооружений), за исключением общего мониторинга технического состояния зданий (сооружений), является обследование их технического состояния. На этом этапе устанавливают категории технического состояния зданий (сооружений), фиксируют дефекты конструкций, за изменением состояния которых (а также за возникновением новых дефектов) будут осуществляться наблюдения при мониторинге.

В случае получения на каком-либо этапе мониторинга данных, указывающих на ухудшение технического состояния всей конструкции или ее элементов, которое может привести к обрушению здания (сооружения), организация, проводящая мониторинг, должна немедленно информировать о сложившейся ситуации, в том числе в письменном виде, собственника объекта, эксплуатирующую организацию, местные органы исполнительной власти, территориальные органы ведомства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

4.1 Состояние вопроса и обзор нормативной документации по мониторингу строительных конструкций.

Для современного этапа экономического и общественного развития в России характерно расширение строительного производства и проведение масштабного строительства в крупных городах – мегаполисах, в первую очередь, в Москве и Санкт-Петербурге, сопровождающееся постоянным ростом сложно-

сти возводимых объектов и условий, в которых осуществляется их строительство.

Современные тенденции в строительстве – увеличение этажности зданий, усложнение конструктивных схем строительных объектов, уплотнение городской застройки, стесненность строительных площадок, освоение подземного пространства, насыщение инженерными коммуникациями.

К неблагоприятным техногенным условиям проведения нового строительства и реконструкции существующей застройки в крупных городах-мегаполисах можно отнести:

- активную жизнедеятельность мегаполисов, постоянную застройку территорий или реконструкцию объектов, перераспределение или увеличение эксплуатационных нагрузок на фундаменты и конструкции в процессе возведения или эксплуатации объектов (перепланировка, изменение этажности здания или его функционального назначения);

- плотную застройку территорий, расположение на проблемной территории участков зданий и сооружений разной этажности, передающих различные по величине нагрузки на основание;

- стесненность строительных площадок, возможность повреждения существующих объектов, прилегающих к зоне проведения земляных работ;

- сложность инженерно-геологической обстановки, в том числе неоднородность грунтов в пределах пятна застройки, залегание под контуром здания грунтов, обладающих различными физико-механическими свойствами и неодинаково реагирующих на негативные природно-технологические воздействия;

- насыщенность подземными инженерными коммуникациями и т.д.

Таким образом, актуальным на сегодняшний день является решение задач, связанных с обеспечением безопасной жизнедеятельности в условиях мегаполиса, определяющейся, во-первых, надежностью самих строящихся сооружений, и, во-вторых, влиянием проводимого строительства на уже существующую инфраструктуру.

На сегодняшний день особое значение приобретает проблема контроля технического состояния сооружений с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций. При этом, контроль технического состояния сооружений должен носить систематический характер. Данную процедуру принято называть мониторингом технического состояния сооружения, который проводится периодически или в автоматическом режиме с помощью разнообразных инструментальных средств.

Мониторинг (monitor-лат.) – специально организованное, систематическое наблюдение за состоянием объектов, явлений, процессов с целью их оценки, контроля или прогноза.

Как правило, мониторинг следует организовывать:

- при строительстве или реконструкции сооружений уникальных, а также новых или недостаточно изученных конструкций сооружений и их фундаментов;

- при строительстве или реконструкции объектов в сложных инженерно-геологических условиях;

- для существующих объектов, попадающих в зону влияния нового строительства в условиях тесной городской застройки, а также в других случаях, предусмотренных техническим заданием.

Цели мониторинга сооружений:

- обеспечение безопасности людей;

- недопущение моральных, материальных и финансовых потерь.

Задачи мониторинга сооружений:

- контроль технического состояния системы «основание – сооружение»;

- выявление фактов незапланированных воздействий на сооружение;

- отслеживание образования и развития повреждений в элементах конструкций;

- прогнозирование изменения технического состояния элементов конструкций через контроль их напряженно-деформированного состояния.

Мониторинг включает в себя:

– систему наблюдений за надземными и подземными конструкциями строящегося или реконструируемого здания или сооружения, существующих зданий и сооружений, попадающих в зону его влияния, а также за массивом грунта, прилегающего к подземной части объекта, включая подземные воды;

– оценку результатов наблюдений и сравнение их с проектными (расчетными) данными;

– прогноз на основе результатов наблюдений изменения состояния строящегося или реконструируемого сооружения, существующих объектов в зоне его влияния, а также массива грунта, включая подземные воды;

– разработка технических решений предупреждения и устранения отклонений, превышающих нормативные показатели;

– контроль за выполнением принятых решений.

По функциональному назначению выделяются такие разделы мониторинга как:

– *объектный* – все виды наблюдений за состоянием оснований, фундаментов и несущих конструкций объектов;

– *геолого-гидрогеологический* – система наблюдений за изменением состояния грунтов, уровней и состава подземных вод, за деструктивными процессами: эрозия, оползни, карстово-суффозионные явления, оседания земной поверхности, а также за состоянием температурного, электрического и других физических полей;

– *эколого-биологический* – системы наблюдений за изменением окружающей природной среды, радиационной обстановки и др.;

– *аналитический* – анализ и оценка результатов наблюдений, выполнение расчётных прогнозов, сравнение прогнозируемых параметров с результатами измерений, разработка мероприятий по предупреждению или устранению негативных последствий вредных воздействий и недопущению интенсивности их воздействий.

Как показывает опыт, мониторинг далеко не всегда способен обезопасить от возможности аварийного разрушения, особенно, когда оно носит быстротеч-

ный характер, но во многих случаях он все-таки позволяет прогнозировать приближение аварийных ситуаций и принимать соответствующие меры для их предотвращения.

Для получения объективной информации о техническом состоянии сооружения необходимо выполнять периодический стандартный набор работ по обследованию и диагностике конструкций. Данный метод ведения наблюдений не рассматривается как альтернативный, а является основополагающим и обязательным элементом общей системы мониторинга. Таким образом, процедуры обследования и мониторинга существуют в неразрывной связи и являются взаимодополняющими элементами системы контроля технического состояния конструкций объектов. Инженерное обследование технического состояния конструкций объекта является базовой составляющей мониторинга.

В разработанной до недавнего времени нормативной литературе требования к мониторингу в ходе строительства и эксплуатации были представлены в общем виде без указания спецификаций предметов мониторинга и аппаратной базы для их контроля. Основной причиной этого являлось отсутствие единой методики и серийного оборудования для проведения действительно эффективного мониторинга, надежно обеспечивающего достижение поставленных целей.

Основным системным проблемами мониторинга являлись:

1. отсутствие единого подхода к предметам мониторинга: «что необходимо измерять и в каких случаях?»;
2. выбор состава инструментальных средств и методика проведения измерений в ходе мониторинга - «как необходимо измерять?»;
3. методику трактовки получаемой в процессе мониторинга информации для эффективного прогнозирования возможного развития и предотвращения аварийной ситуации – «как трактовать результаты?».

Активная разработка нормативно-технической литературы в области мониторинга технического состояния сооружений, начавшаяся в последние годы, связана с увеличением объемов строительства ответственных объектов, а также с участвовавшими случаями возникновения аварийных ситуаций и разрушений

сооружений, в том числе и массового посещения. Данные документы направлены на позиционирование мониторинга, как обязательной части научно-технического сопровождения строительства и эксплуатации ответственных сооружений, с попыткой конкретизации технических, технологических, организационных и экономических основ организации и реализации мониторинга.

В соответствии с постановлением Правительства Москвы от 18 мая 2004 «О мониторинге состояния строительных конструкций большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений, строящихся и эксплуатируемых в городе Москве» для сооружений повышенной ответственности контроль технического состояния несущих конструкций является обязательным. Разработка систем стационарного мониторинга должна осуществляться еще на стадии проектирования.

Таблица 4.1.

Сводная таблица нормативных документов по мониторингу

| № | Номер нормативного документа | Название нормативного документа |
|---|------------------------------|--|
| 1 | | Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства и реконструкции. Москомархитектура. 1998 |
| 2 | МРР- 2.2.07-98 | Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. 1998 |
| 3 | Пособие к МГСН 2.07-01 | Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений. 2001 |
| 4 | СП 13-102-2003 | Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. 2003 |
| 5 | МГСН 4.19-2005 (отменен) | Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве. 2005 |
| 6 | ГОСТ Р 22.1.12-2005 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. 2005 |

| | | |
|----|------------------------|--|
| 7 | ТСН 31-332-2006 | Жилые и общественные высотные здания. Санкт-Петербург. 2006 |
| 8 | | МЧС: Методика мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений. Общие положения. 2008 |
| 9 | ТР 182-08 | Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. 2008 |
| 10 | МРДС 02-08 | Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. 2008 |
| 11 | ГОСТ Р 53778 (отменен) | Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. 2010 |
| 12 | ГОСТ 31937 | Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. 2011 |
| 13 | ГОСТ 22.1.13 | Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений |

В соответствии с нормативной литературой к объектам, подвергаемым обязательной процедуре мониторинга относятся:

Большепролетные сооружения – покрытие которых, выполнено с применением большепролетных (более 36 м) конструкций.

Высотные сооружения – высотой более 75 м.

Уникальные сооружения – на которые в проектной документации предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- использование конструкций и конструктивных систем, требующих применения нестандартных методов расчета, либо разработки специальных методов расчета, либо требующих экспериментальной проверки на физических моделях, а также применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;

- высота более 100 м;

- пролет более 100 м;

- вылет консолей более 20 м;

- заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров.

К уникальным зданиям и сооружениям следует относить, также, зрелищные, спортивные, культовые сооружения, выставочные павильоны, многофункциональные офисные, торгово-развлекательные комплексы и т.п. с максимальным расчетным пребыванием более 1000 человек внутри объекта или более 10000 человек вблизи объекта.

В соответствии с представленными выше нормативными документами, мониторинг технического состояния необходимо проводить также для сооружений, попадающих в зону влияния нового строительства.

Основной задачей разработки современных актуальных нормативных документов является не только установка ими необходимости контроля тех или иных параметров конструкций с помощью различных методов, но также возможность использования их в качестве руководства по мониторингу в ходе строительства ответственных объектов.

В настоящее время в большинстве случаев для каждого конкретного сооружения принятие решения о порядке, предметах и средствах проведения мониторинга технического состояния является индивидуальной и зависящей от многих факторов задачей:

- уровня ответственности сооружений;
- конструктивных особенностей;
- технического состояния;
- инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки;
- способа возведения нового здания;
- плотности окружающей застройки;
- требований эксплуатации;
- в соответствии с результатами геотехнического прогноза.

На выбор порядка, предметов и средств проведения мониторинга принципиальное влияние оказывают технико-экономические показатели, такие как объем затрат и время проведения работ, а также профессиональная квалификация и технические возможности исполнителей.

4.2 Виды и методология мониторинга.

Принципиальная схема мониторинга

Принципиальная схема мониторинга несущих конструкций сооружения заключается в организации и выполнении высотных и плановых циклов инструментального геодезического контроля деформаций несущих строительных конструкций. Высотные и плановые деформации наблюдаемых конструкций находятся по разностям высот и координат деформационных марок в текущем цикле наблюдений и исходном (первом). Высоты и координаты деформационных марок в каждом цикле определяются от пунктов опорной планово-высотной геодезической сети объекта, расположенной вне возможных деформаций, возникающих при эксплуатации объекта мониторинга.

Для организации и проведения комплексного мониторинга необходимо:

1. Создать опорную плановую и высотную геодезическую сеть, относительно которой будут определяться плановые и высотные деформации несущих конструкций.
2. Создать плановую и высотную деформационную сети в виде деформационных высотных и плановых марок, закреплённых на наблюдаемых конструкциях.
3. Проводить периодические циклы высотных наблюдений по определению отметок деформационных марок от опорных реперов (методом геометрического нивелирования).
4. Проводить периодические циклы по определению плановых координат деформационных марок от опорных пунктов (методом линейно-угловых измерений).
5. Проводить обработку результатов наблюдений в каждом цикле и передавать полученные результаты Заказчику после анализа соответствия расчётных деформации проектным для принятия оперативных решений.

Для выбора приборов и методов проведения инструментального мониторинга осуществляется предрасчёт точности построения геодезических сетей и точности измерения деформаций. Например для зданий и сооружений: истори-

ческой застройки, аварийных, технически сложных и т.д. допускается устанавливать I класс точности измерений вертикальных и горизонтальных перемещений.

Опыт строительства и эксплуатации строительных объектов показывает, что изменение условий нормального функционирования, сопровождающееся повреждениями конструкций, может быть вызван самыми разнообразными причинами, которые, можно разделить на следующие основные группы:

1. Ошибки проектирования и наличие технологических дефектов, допущенных, при производстве строительных работ.

2. Несоблюдение проектных условий эксплуатации, например, превышение эксплуатационной нагрузки.

3. Результаты воздействия долговременных внешних процессов природного или техногенного характера, в том числе, неравномерные осадки основания, спровоцированные изменением инженерно-геологических условий.

4. Экстремальные воздействия (сейсмические воздействия, пожар, взрыв или террористический акт).

Анализ возможных причин изменения условий нормального функционирования объектов, сопровождающееся повреждениями конструкций, позволяет констатировать, что процедура мониторинга состояния несущих конструкций, проводимая в непрерывном режиме, в сочетании с периодическим обследованием конструкций, позволяет своевременно сигнализировать о выходе несущих конструкций объекта из работоспособного состояния и обеспечить безопасность персонала.

Цель мониторинга – проведение наблюдений за состоянием основных несущих конструкций зданий и сооружений и своевременное выявление недопустимых отклонений в состоянии данных конструкций.

Мониторинг производится:

– для контроля технического состояния зданий и сооружений и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния;

– для выявления объектов, на которых произошли изменения напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций и для которых необходимо обследование их технического состояния;

– для обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счёт своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряжённо-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние;

– для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения.

Виды мониторинга:

Геодезический – на основе геодезических методов измерений.

Инструментальный – на основе датчиков различных типов, регистрирующих различные эксплуатационные параметры (усилия, деформации, давление и др.)

Динамический – основан на зависимости динамических характеристик конструкций от их эксплуатационного состояния. При появлении (развитии) дефектов в конструкциях и узлах их соединения изменяются частоты и декременты колебаний.

Рассмотрим вопросы геодезического мониторинга.

Мониторинг несущих конструкций производится:

– для большинства объектов строительства - на этапе строительства или реконструкции объекта, а также на начальном этапе эксплуатации объекта;

– для зданий и сооружений повышенной категории ответственности (атомные станции, высотные здания, мосты, дамбы, тоннели, стадионы и др.) мониторинг проводится в течение всего периода эксплуатации.

Задачи мониторинга технического состояния конструкций сооружения:

– выявление фактов незапланированных воздействий на сооружение;

– контроль образования и развития повреждений в элементах

конструкций;

– прогнозирование изменения технического состояния конструкций на основании контроля их напряженно-деформированного состояния.

Применение процедуры мониторинга несущих конструкций позволяет обнаружить на ранней стадии негативное изменение напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований и принять комплекс мер по предотвращению перехода объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние.

Основными параметрами, подлежащими контролю в ходе мониторинга, являются пространственные (линейные и угловые) перемещения характерных точек сооружения – взаимные перемещения в нескольких уровнях по высоте и периметру объекта.

Мониторинг, выполняемый геодезическими методами, позволяет определить как местные, так и общие деформации зданий и сооружений, отклонения несущих, ограждающих конструкций от вертикали и проектного положения, осадки фундаментов и грунтов и другие параметры.

Технические средства для выполнения геодезического мониторинга.

Методы и средства геодезического мониторинга пространственно-координатного положения сооружения приведены на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 - Методы и средства геодезического мониторинга пространственно-координатного положения сооружения

Тахеометр – это геодезический прибор, который предназначен для измерения расстояний одновременно с определением горизонтальных и вертикальных углов.

Электронный тахеометр – имеет функцию записи данных в память и возможность передачи данных в компьютер через специальный интерфейс для дальнейшей обработки.

В электронных тахеометрах расстояния измеряются по разности фаз испускаемого и отраженного луча (фазовый метод), либо по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно (импульсный метод). Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры воздуха, давления, влажности и т. п. Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра (отражательный или безотражательный). Максимальная дальность линейных измерений: для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров; для безотражательного режима – до одного километра. Существуют модели тахеометров, обладающих дальномером, совмещенным с системой фокусировки зрительной трубы. Преимущество таких приборов заключается в том, что измерение расстояний производится именно на тот объект, по которому в данный момент выставлена зрительная труба прибора.

Роботизированный электронный тахеометр – оснащен системой сервоприводов, которая обеспечивает автоматическое вращение прибора, что совместно со специальным программным обеспечением позволяет автоматизировать процесс измерений, повысить точность и скорость наведения на цель, а также минимизировать участие оператора в процессе съемки.

«Целями» тахеометра являются деформационные марки или призмы, закрепляемые на конструкциях объекта.

Тахеометрическая съемка – комбинированная съемка, в процессе которой одновременно определяют плановое и высотное положение точек.

Геодезические сети

Исходными опорными точками для тахеометрической съемки служат пункты государственной и местных опорных сетей.

Геодезическая сеть (ГС) – совокупность закрепленных на местности геодезических пунктов, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат.

По назначению и точности ГС разделяют на государственные (ГГС), сети сгущения (ГСС), съемочные сети, специальные сети.

Плановые сети сохраняют на своих пунктах долговременно и надежно только плановые координаты X и Y . Высотные – только высоты H . Планово-высотные сети включают в себя пункты с тремя координатами X , Y , H .

Центры геодезических пунктов являются носителями координат.

ГГС – самые точные геодезические сети, являются основой для построения других сетей.

ГСС – сети местного значения, которые создаются путем сгущения ГГС в городах, поселках, на территориях крупных строительных объектов. При этом, как правило, применяется местная система координат.

Съемочные сети (съемочное обоснование) создаются непосредственно для выполнения работ на местности в качестве разбивочной основы. Эти сети закрепляются временными знаками.

Плановое положение пунктов опорной геодезической сети при инженерно-геодезических изысканиях для строительства следует определять методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации, построения линейно-угловых сетей, а также на основе использования спутниковой геодезической аппаратуры (приемники GPS и др.) и их сочетанием.

4.3 Геодезический мониторинг состояния строительных конструкций.

На сегодняшний день, в мире достаточно много технологий позволяющих проводить мониторинг технического состояния сооружений, однако основным методом был и остаётся геодезический мониторинг.

Пространственные перемещения узлов и элементов конструкций позволяют напрямую, без трудоёмких расчётов, оценить технического состояние сооружения и оперативно принять решение о возможности дальнейшей эксплуатации.

Как позывает практика, случаются различные ситуации:

1. Состояние сооружения предаварийное и необходимо срочно выводить людей, замораживать стройку, реконструкцию и т.д.

2. Пространственные перемещения (осадки) присутствуют, однако, для оценки степени их опасности необходимо более детальное рассмотрение, моделирование конструкций в расчётных комплексах с учётом полученных перемещений.

3. Вся процедура мониторинга включает в себя следующие основные этапы:

4. Разработка проекта мониторинга;

5. Установочный этап с измерением начальных параметров сооружения;

6. Текущие этапы мониторинга.

Проект геодезического мониторинга разрабатывается в соответствии с требованиями нормативных документов, инструкций и рекомендаций по деформационному мониторингу, а также инструкций по технике безопасности. К числу основных руководящих материалов относятся следующие:

1. ГОСТ 24846-2019 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений;

2. ПТБ-88 Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. М.. Недра. 1991г.;

3. Пособие к МГСН 2.07.01 Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и сооружений;

4. Дополнение пособию к МГСН 2.07.01

4.4 Инструментальный мониторинг состояния строительных конструкций.

Высотный мониторинг несущих конструкций

В соответствии с п. 6.1 ГОСТ 24846-2019 высотный мониторинг оснований фундаментов следует измерять одним из следующих методов или их комбинированием: геометрическим, тригонометрическим или гидростатическим нивелированием, стереофотограмметрией, тензометрическим, с использованием опико-волоконных и линейных измерений с помощью кольцевых марок.

При нивелировании ходы нивелирования периодически прокладываются от опорных (исходных) реперов по высотным деформационным маркам, закреплённым на наблюдаемых конструкциях. Нивелирные ходы должны образовывать замкнутые полигоны. В качестве исходных реперов необходимо использовать ранее установленный куст реперов (состоящий из трёх реперов, заложенных в вершинах треугольника со стороной 5 м). Данные реперы должны удовлетворять следующим требованиям:

- репер должен быть расположен в стороне от проездов, подземных коммуникаций, складских и других территорий, и находиться вне зоны распространения давления от строящегося объекта;

- на репер не должны оказывать воздействия вибрации от транспортных средств, машин, механизмов.

Сеть деформационных марок

Высотные деформационные марки для определения вертикальных перемещений железобетонных конструкций устанавливаются в нижней части несущих колонн (стен) по всей площади сооружения.

Деформационные марки устанавливаются в наиболее нагруженных узлах, в местах возможных деформаций, в местах появления и роста трещин с целью получения достаточно полной картины напряжённо-деформированного состояния сооружения.

Примеры расположения деформационных марок на зданиях и сооружениях представлены в приложении А ГОСТ 24846-2019.

Количество и места расположения деформационных марок корректируются по согласованию с заказчиком с учётом фактических возможностей.

Камеральная обработка результатов нивелирования и вычисление высотных деформаций несущих конструкций

Обработка результатов нивелирования выполняется в следующем порядке:

- проверяются полевые вычисления в журналах;
- составляются схемы нивелирных ходов и ведомости превышений;
- вычисляются фактические и допустимые невязки полигонов;
- производится оценка точности полевых измерений;
- производится уравнивание нивелирной сети с оценкой точности отметок деформационных марок;
- составляются ведомости отметок и осадок наблюдаемых точек;
- составляются графики или диаграммы изменения осадки во времени.

Плановый мониторинг несущих конструкций

В соответствии с ГОСТ 24846-2019 и исходя из условий объекта, плановый мониторинг несущих конструкций, зачастую, проводится линейно-угловым методом.

В ходе проведения планового цикла мониторинга с пунктов опорной сети полярным методом определяются координаты плановых деформационных марок, закреплённых на наблюдаемых конструкциях.

В случае уникальных сооружений, когда процедура мониторинга усложняется перепадами высот сооружения, изменением температур на улице и внутри сооружения и т.д., возможно создание опорной геодезической сети состоящей из двух сетей. В таком случае одна опорная геодезическая сеть принимается исходной и закрепляется пунктами вне зоны деформаций от наблюдаемого объекта. Она создаётся для наиболее удобного выполнения измерений по деформационным маркам. Координаты пунктов внутренней опорной сети находятся из обратной линейно-угловой засечки на пункты внешней опорной сети.

Размещение и установка опорных плановых пунктов и плановых деформационных марок

К пунктам опорной геодезической сети, участвующим в наблюдениях за горизонтальными перемещениями, предъявляются два основных требования:

- пункты должны быть стабильными;
- в течение всего периода наблюдений к ним необходим беспрепятственный и удобный доступ для установки геодезических приборов.

Учитывая данные требования, опорные пункты плановой сети, закрепляются катафотными пластиковыми отражателями, или более дорогостоящими, но более точными световозвращающими минипризмами на близлежащих зданиях вне зоны деформации объекта мониторинга, пункты высотной геодезической сети закрепляются марками анкерного типа. Деформационные марки также закрепляются катафотными пластиковыми отражателями, или минипризмами на несущих конструкциях сооружения.

Методика измерений плановых деформаций

Определение координат деформационных марок осуществляется полярным способом с пунктов опорной сети, координаты которых находятся из обратной линейно-угловой засечки не менее чем на три пункта опорной сети. Координаты каждой деформационной марки определяются с 2-х пунктов. Углы и расстояния измеряются двумя приёмами.

Метод мониторинга с применением наземных сканирующих систем

В случае необходимости проведения мониторинга технического состояния крупногабаритных объектов, в том числе большепролетных стержневых пространственных конструкций с сотнями элементов, применение тахеометров является затруднительным в виду значительного количества точек измерений. В условиях большого числа контролируемых узлов объекта целесообразным является использование современных лазерных сканеров, позволяющих проводить измерения до 100 000 измерений в секунду с точностью в диапазоне от 1мм до 10мм на расстояниях до 1000м. Первичным результатом получаемых данных является трёхмерное облако точек, преобразуемое впоследствии с по-

мощью специального программного обеспечения в электронную пространственную модель объекта, на основании которой определяются перемещения, и оценивается состояние сооружения по сравнению с предыдущим этапом измерений.

Наибольшее распространение наземное лазерное сканирование получило в топографии и горном деле, в исполнительных топогеодезических работах, городском моделировании, для решения задач в области архитектуры, таких как обмерные работы, паспортизация исторических сооружений и т.д. При этом доля использования лазерного сканирования в решении задач мониторинга пространственного деформирования сооружений на сегодняшний день незначительна, что связано в первую очередь с отсутствием в нормативной и технической литературе эффективной методики проведения подобного вида измерений.

Данный факт ставит под сомнение применение лазерных наземных сканирующих систем, как единственного метода геодезического мониторинга применяемого на объекте. Однако, лазерное сканирование может отлично дополнить классические методы мониторинга.

Использование методики мониторинга с помощью наземных лазерных сканирующих систем позволяет уменьшить трудозатраты при проведении работ, повысить точность проводимого мониторинга, а также сократить сроки выполнения измерений.

GNSS мониторинг

Одной из основных задач мониторинга высотных сооружений является наблюдение за пространственным перемещением контролируемых точек конструкций. Одновременное измерение статических и динамических компонентов отклика позволяет получить информацию о механизме работы конструкций и механизме воздействия нагрузок.

В настоящее время всё чаще для решения задач мониторинга высотных сооружений применяются, хорошо зарекомендовавшие себя, GNSS технологии (ГНСС – Глобальная Спутниковая Навигационная Система).

Точность измерений может достигать: 3 мм в режиме статической съёмки и до 5 мм в режиме реального времени (динамический режим).

Производители, помимо высокоточного оборудования, разрабатывают программное обеспечение, позволяющее решать широкий спектр задач, начиная от межевания земель, и заканчивая GNSS мониторингом.

Программное обеспечение имеет понятный современный интерфейс, позволяет легко настроить и управлять системой мониторинга, автоматически производит обработку сигналов (фильтрация, устранение шумов и т.д.).

Наряду с этим пользователь может приобрести лишь оборудование и минимальный набор программ для обработки сигналов вручную. В данном случае речь идёт о статических измерениях, так как получение координат в режиме реального времени невозможно, или имеет низкую точность.

В любом случае, получение качественной информации о пространственном положении конструкций с помощью GNSS технологий требует значительных знаний в области получения данных, организации систем мониторинга, обработки данных и т.д.

Основы работы GNSS

В общем виде, система GNSS мониторинга состоит:

- Космический сегмент – сеть искусственных спутников Земли (ИСЗ).
- Сегмент управления – сеть наземных станций слежения и управления.
- GNSS – приёмники.
- Компьютер и программное обеспечение.

Космический сегмент представляет собой сеть ИСЗ, сформированную таким образом, чтобы полностью и равномерно охватить всю Земную поверхность, при этом зоны охвата спутников накладываются друг на друга. Так, например, в одной точке Земной поверхности может наблюдаться несколько спутников, минимум 5.

В настоящее время полностью функционируют две системы, формирующие космический сегмент – GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия). Обе системы содержат номинальное количество спутников равное 24. Среди развивающихся

систем стоит отметить европейскую систему Galileo, запланирован вывод 30. Также существует крупная Китайская подсистема GNSS Бэйдоу, спутниковая группировка которой к концу 2012 года составляла 16 спутников.

Задача спутников – непрерывное излучение радиосигналов на Землю, где сигналы принимаются и обрабатываются GNSS приёмниками с целью получения пространственных координат точек, закреплённых на здании или земле. Радиосигнал распространяется со скоростью света и несёт в себе момент времени излучения спутником и т.д. Например, радиосигнал системы GPS является двухчастотным и включает в себя информацию о местоположении и частоту для измерения ионосферной задержки.

За высокую точность времени и частоты спутника отвечают эталонные атомные часы, долговременная относительная стабильность частоты которых обеспечивается на уровне $10^{-13} \div 10^{-15}$ за сутки. Часы всех спутников синхронизированы и функционируют в системном времени.

GNSS приёмник также оснащён эталоном времени, однако менее точным, в виду того, что он должен обеспечивать только кратковременную стабильность частоты (работает только в период измерения).

По полученному от спутника сигналу приёмник рассчитывает расстояние до спутника. Так как пространственное положение характеризуется тремя координатами: X, Y в плане и H высота (три неизвестных), то для определения местоположения необходимо решить как минимум три уравнения. То есть должны быть измерены расстояния минимум до трёх спутников. Данный метод называется беззапросным (методом пассивных псевдодальномерных измерений) и не может гарантировать высокую точность определения местоположения, ввиду того, что временные шкалы спутников и приёмника не синхронизированы. Поэтому в приёмнике вычисляется «псевдодальность», то есть расстояние до спутника с ошибкой. Ошибка может быть исправлена путём ввода поправки времени, для чего требуется сигнал 4-го спутника. Таким образом, для стабильной работы системы необходима непрерывная видимость, как минимум, 4 –х спутников. Полученные радиосигналы от остальных видимых спутников

увеличивают точность определения координат. Современные GNSS приёмники позволяют принимать радиосигналы от множества спутников, так как имеют до 216 каналов.

Корректировка информации об орбитах спутников производится с помощью блоков измерения текущего положения спутников, формирующих наземный сегмент (сегмент управления). Полученная информация обрабатывается и передаётся на спутник, так, например каждые 30 минут обновляются эфемериды (координаты искусственных спутников Земли), также на спутник передаются параметры ускорения под действием Солнца и Луны.

Для решения задач мониторинга технического состояния необходима отработка методов высокоточных спутниковых измерений. При этом важно исследовать и учитывать влияния всех возможных источников ошибок, особенности их проявления.

Ошибки спутниковых измерений, в зависимости от природы воздействия, подразделяются на две основные группы:

- смещения – систематические погрешности;
- шум – погрешности случайного характера.

Влияние шума минимизируется за счёт набора статистики, то есть большого массива измерений.

Для эффективного учёта систематических погрешностей применяются специальные методики. Широкое распространение, среди которых, получил метод моделирования, разработка которого связана с тщательным изучением влияния источников ошибок на результаты измерений.

Основные группы источников систематических ошибок, характерные для систем GPS и ГЛОНАСС, представлены ниже:

1. Ошибки, связанные с отсутствием точных исходных данных. В большей степени это относится к значениям эфемерид спутников, которые содержат погрешности в текущий момент времени.

2. Ошибки, возникающие под действием внешней среды. Например, воздействие атмосферы (ионосферы и тропосферы) или многолучевости (много-

путности) на результаты спутниковых измерений. Многолучевость возникает, когда, переотражённый от близлежащих объектов или земли, радиосигнал спутника взаимодействует с прямым сигналом, искажается и вносит ошибку в измерения.

3. Инструментальные ошибки приёмников. Например, не точное определение положения фазового центра антенны приёмника, временные задержки при прохождении информационных сигналов в аппаратуре, погрешности в работе регистрирующих устройств.

Кроме того, на точность определения координат влияет взаимное расположение наблюдаемых спутников (геометрический фактор). Также ошибки могут возникать при переходах из одной системы координат в другую.

Анализируя, рассмотренный выше материал, можно сделать выводы:

1. Для осуществления мониторинга в статическом режиме достаточно минимального набора оборудования, то есть GNSS приёмника и программного обеспечения. В данном случае необходимо проводить запись радиосигналов за продолжительный период времени (от одного до нескольких часов), фильтровать и исключать некоторые данные и т.д. Процесс весьма трудоёмкий, однако, опытный специалист может получить координаты местоположения приёмника с точностью до 3 мм.

2. Для организации системы мониторинга в динамическом режиме требуется привлечение программных комплексов мониторинга (например, Trimble 4D Control, Leica GeoMos и т.д.), которые автоматически осуществляют обработку данных в соответствии со сложной математической моделью.

В обоих случаях для достижения высокого результата требуется организация сети станций GNSS и установка GNSS антенн в местах, где минимизировано влияние факторов, искажающих радиосигнал.

GNSS антенну необходимо располагать вдали от источников помех (электрические сети, провода и т.д.), если это возможно. Для снижения влияния явления многолучевости антенну располагают на высоте не меньше, чем 50 см от

несущих и ограждающих конструкций. При этом конструкция крепления GNSS антенны должна обеспечивать достаточную жёсткость и прочность.

Для качественной работы системы GNSS мониторинга в режиме реального времени (динамика) требуется опорная сеть наземных GNSS станций, состоящая как минимум из трёх станций, образующих вокруг объекта мониторинга треугольник, на расстояниях от 500 метров до 10 км. Координаты каждой станции должны быть известны и занесены в программный комплекс мониторинга как реперные (базовые) GNSS станции.

В большинстве случаев организация опорной сети целиком лежит на исполнителе мониторинга. Однако, в последнее время, всё большее распространение имеют специально организованные, коммерческие, сети наземных GNSS станций с возможностью аренды координат станций. При этом они используются не только для мониторинга, но и для разбивочных работ, межевания и т.д.

Например, правительство Франции создало сеть наземных GNSS станций, охватывающей всю страну с шагом 10км для решения задач мониторинга атомных электростанций.

В НИУ МГСУ продолжительное время функционировала экспериментально-демонстрационная система GNSS мониторинга на основе системы Trimble 4D Control.

4.5 Динамический мониторинг состояния строительных конструкций.

Динамический мониторинг рекомендуется проводить с целью:

- контроля изменения определяющих динамических параметров во времени для прогнозирования прочности и устойчивости строительных конструкций;

- отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия, в случае необходимости, экстренных мер по предотвращению аварийной ситуации.

При динамическом мониторинга рекомендуется выполнить следующие задачи:

- определение динамических характеристик зданий и отдельных

конструкций;

- оценка состояния материалов конструкций сейсмоакустическими методами;

- контроль изменения (стабильности) динамических характеристик, а также состояния материалов конструкции во времени.

Исследования динамических характеристик конструкций, важных для безопасности, рекомендуется проводить на этапе ввода объекта в эксплуатацию и в дальнейшем не реже одного раза в 10 лет, а также при каждом внеочередном обследовании технического состояния этих конструкций.

Динамический мониторинг конструкций, находящихся в работоспособном состоянии, рекомендуется проводить один раз в 10 лет. Для проведения динамического мониторинга на конкретном этапе рекомендуется проводить виброиспытания строительных конструкций с целью получения значений основных динамических характеристик и их сравнения со значениями, полученными на предыдущем этапе.

Динамический мониторинг зданий, находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии, рекомендуется проводить в периоды, определяемые состоянием конструкций по параметрам, контролируемым стационарными системами автоматического мониторинга за состоянием. Для проведения динамического мониторинга на данном этапе проводят комплексные работы, включающие виброиспытания для получения значений основных динамических характеристик, и испытания методом поверхностных волн и сквозного прозвучивания для получения значений прочности и стойкости несущих и ограждающих конструкций.

Организацию и проведение динамического мониторинга зданий и их отдельных конструкций рекомендуется осуществлять в несколько этапов:

- создание первичной (исходной) базы данных;
- разработка программы динамического мониторинга;
- разработка методики определения динамических характеристик конструкций;

- определение динамических характеристик подлежащих обследованию конструкций;
- оценка состояния материалов обследуемых конструкций;
- разработка технического отчета по результатам динамического мониторинга, включающего анализ результатов наблюдений и диагностики динамических параметров конструкций;
- разработка технического заключения по результатам испытаний и материалов для учета в расчетной модели (при ее наличии);
- ввод полученных результатов в информационную систему управления базой данных динамического мониторинга на каждом очередном этапе динамического мониторинга в форме представления информации, идентичной заключению.

Динамический мониторинг проводят в соответствии с программой динамического мониторинга, разработанной специализированной организацией в соответствии с техническим заданием, утвержденным руководством обследуемого объекта и согласованной с генеральным проектировщиком.

Порядок, методику и объем исследований по динамическому мониторингу конструкций, важных для безопасности, рекомендуется устанавливать в программе динамического мониторинга.

Динамические характеристики зданий и отдельных строительных конструкций рекомендуется определять с целью оценки их состояния, учета в расчетных моделях и последующего мониторинга их изменения (стабильности) во времени, при этом рекомендуется определять следующие динамические характеристики:

- собственные частоты (определяются по спектрам или амплитудно-частотным характеристикам);
- формы собственных колебаний (моды), соответствующие выявленным собственным частотам (определяются путем построения эпюр и диаграмм колебаний в точках измерения);
- логарифмический декремент (определяется как отношение двух

последовательных амплитуд колеблющейся величины x в одну и ту же сторону).

Оценку состояния материалов обследуемых конструкций рекомендуется выполнять как для прямой оценки жесткостных и прочностных характеристик несущих СК, так и для их использования в качестве дополнительной информации при разработке и адаптации расчетных моделей.

По результатам динамического мониторинга рекомендуется разработать техническое заключение и (или) технический отчет.

В отдельных точках конструкции рекомендуется контролировать состояние материалов конструкций методом поверхностной волны. В этом случае в техническое заключение рекомендуется включать выводы о состоянии материалов конструкции в этих точках, и прилагаются дисперсионные кривые поверхностных волн, полученные при первичном обследовании, а затем на каждом этапе мониторинга.

По результатам оценки технического состояния строительных конструкций рекомендуется назначать критерии технического состояния. Основным критерием при динамическом мониторинге рекомендуется назначать изменение частоты 1-го тона свободных колебаний конструкции, при этом могут учитываться и другие критерии (изменение частоты 2-го тона колебаний, прочности и/или эффективной толщины конструкции).

В соответствии с пунктом 6.3 ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», введенного в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1984-ст (далее - ГОСТ 31937-2011) критерием является снижение частоты 1-го тона свободных колебаний на 10 %. В случае если по результатам первичного обследования и расчетов СК признаны ограниченно-работоспособными или аварийными, этот показатель рекомендуется снизить до 5 %.

Выводы о дальнейшей безопасной эксплуатации необходимо делать на основании сравнения полученных данных с результатами предыдущих испыта-

ний, соответствия их эталонным характеристикам или существующим базам данных и оценкам фактической несущей способности конструкций в расчетной модели (эталонные характеристики могут быть определены в расчетной модели с проектными техническими характеристиками конструкций).

В методику определения динамических характеристик СК по их свободным колебаниям, возбуждаемым ударной импульсной нагрузкой, рекомендуется включать следующие операции:

- возбуждение и регистрацию колебаний с помощью измерительного комплекса и затем усреднение полученных откликов по нескольким воздействиям в каждой точке приложения нагрузки. Количество ударных воздействий в каждой точке приложения нагрузки рекомендуется назначать в зависимости от уровня фоновых вибраций (при уровне фоновых вибраций менее 30 % от максимального уровня при ударном воздействии

- в анализируемом диапазоне частот достаточно пяти воздействий);

- при необходимости, составление реакций конструкций на комбинацию ударных воздействий;

- вычисление спектров Фурье;

- анализ спектров Фурье с целью выделения резонансных пиков, соответствующих различным формам свободных колебаний;

- получение с помощью обратного преобразования Фурье импульсных реализаций выделенных резонансных пиков по каждой форме свободных колебаний;

- определение периодов (частот) и амплитуд этих колебаний, а также их логарифмических декрементов;

- построение эпюр или диаграмм различных форм колебаний.

Обработку результатов испытаний рекомендуется выполнять с помощью специализированного программного обеспечения. Обработка полученных в результате сложения колебаний (комбинированных реализаций) с целью выделения резонансных пиков, соответствующих анализируемой форме колебаний,

рекомендуется осуществлять для каждой точки измерения путем сложения или вычитания реализаций, полученных при ударах в отдельных точках.

5. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ВИДАМ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Объем выполненных работ

Проконтролированы базовая реперная сеть, созданная для осуществления геодезического хода от высотного репера с глубиной заложения 10 м до объекта, в составе 2-х промежуточных грунтовых реперов с глубиной заложения 2м, и дополнительная деформационная геодезическая сеть для периодической пространственно-координатной съемки в составе 12 световозвращающих марок, наклеенных на опорную раму иконостаса.

Проконтролирована стабильность опорной (рабочей) геодезической сети из 6 призмных марок, расположенных на стенах собора и крепостной стене.

По графику проведено 10 циклов координатных измерений пространственных перемещений характерных точек иконостаса и опорной рамы.

Выполнен контроль угловых отклонений характерных узлов иконостаса, в том числе в непрерывном режиме в процессе снятия опорной рамы. Проведено 10 циклов измерений данных значений угловых отклонений.

Выполнена регистрация результатов контроля.

Проведена обработка результатов пространственно-координатных измерений, сформированы таблицы изменения координат и трехмерные графики изменений пространственного положения характерных точек иконостаса и опорной рамы.

Выполнен анализ результатов контроля угловых отклонений характерных узлов иконостаса, сформированы графики их изменений.

Таблица 5.1.

Общее описание объекта

| № п.п. | Параметр | Описание |
|--------|--------------------|---|
| 1 | Назначение объекта | Ново-Иерусалимский ставропигиальный мужской монастырь г. Истра, Московская область – объект культурного наследия федерального значения XVII века. Иконостас (кирпичная алтарная преграда) предназна- |

| | | |
|---|------------------------------------|--|
| | | чен для: - проведения богослужений; - выполнения музейных функций. |
| 2 | Состояние объекта по внешнему виду | Самонесущая стена алтарной преграды, облицованная керамическими изразцами, представляет собой сильно разрушенную кирпичную кладку со сколами, глубокими трещинами (механическими разрушениями). Местами кладочный раствор имеет порошковидные разрушения (утрата связующей способности). Изразцы разбиты на множество фрагментов, имеют многочисленные утраты основы и глазурного слоя. |
| 3 | Возраст объекта | Объект возведен в конце XVII века |
| 4 | Прочие сведения | Работы по мониторингу состояния иконостаса проводились в период укрепления грунтов основания, фундаментов и сохранившейся части стен методом инъецирования. Архивные материалы: «Научно-проектная документация для производства работ по сохранению объекта культурного наследия. Раздел I Предварительные работы. Часть 4 Рабочий проект первоочередных работ. Том 5 Первоочередные работы по реставрации иконостаса (Корректировка). Москва, 2011 |

Геодезический мониторинг пространственных перемещений точек объекта.

Геодезическая изученность района работ и исходные данные для проектирования. Проект геодезического мониторинга разработан в соответствии с требованиями нормативных документов, инструкций и рекомендаций по деформационному мониторингу, а также инструкций по технике безопасности. К числу основных руководящих материалов относятся следующие документы:

- ГОСТ 24846-81 Грунты «Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений»;
- ПТБ-88 «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах». М.. «Недра». 1991г.;
- Пособие к МГСН 2.07.01 «Обследование и мониторинг при

строительстве и реконструкции зданий и сооружений»;

– Дополнение пособию к МГСН 2.07.01

Принципиальная схема мониторинга

Принципиальная схема мониторинга на стадии эксплуатации заключается в организации и выполнении циклов инструментального трехкоординатного геодезического контроля деформаций строительных конструкций. Высотные и плановые деформации наблюдаемых конструкций находятся по разностям высот и координат деформационных марок в текущем цикле наблюдений и исходном (нулевом). Высоты и координаты деформационных марок в каждом цикле определяются от пунктов опорной планово-высотной геодезической сети объекта, расположенной вне возможных деформаций, возникающих при реконструкции объекта.

Проведение трехкоординатного мониторинга состояли из следующих операций:

– Контроль опорной планово–высотной геодезической сети, относительно которой определялись плановые и высотные деформации несущих конструкций.

– Проведение периодических циклов измерений по определению координат деформационных марок от опорных пунктов (методом линейно-угловых измерений).

– Проведение обработки результатов наблюдений в каждом цикле и передача полученных результатов Заказчику после анализа соответствия расчетных деформации проектным для принятия оперативных решений.

Для выбора приборов и методов проведения инструментального мониторинга проведен предрасчет точности построения геодезических сетей и точности измерения деформаций. Для реконструируемого объекта установлен I класс точности измерения вертикальных и горизонтальных перемещений конструкций.

Методика проведения тригонометрического нивелирования при измерении высотных деформаций.

В связи с невозможностью из-за большого перепада высот применения геометрического нивелирования для определения отметок деформационных марок, закрепленных на наблюдаемых конструкциях, для определения их высотных отметок используется тригонометрическое нивелирование короткими лучами ($S \approx 5\text{м}$).

Для обеспечения заданной точности измерения необходимо выполнять электронным тахеометром TRIMBLE S8 или аналогичным ему по точности прибором.

Число приемов измерений величин Z и S должно быть не менее двух. Расхождение значений зенитных расстояний Z и расстояний S между приемами не должно превышать соответственно $3,0''$ и $3,0\text{ мм}$.

Методика измерений плановых деформаций

Определение координат деформационных марок осуществляется полярным способом с пунктов внутренней опорной сети, координаты которых находятся из обратной линейно-угловой засечки не менее чем на три пункта опорной сети. Координаты каждой деформационной марки определяются полярным методом. Углы и расстояния измеряются тремя приёмами.

Все измерения записываются в память электронного тахеометра.

Все измерения из памяти электронного тахеометра передаются в компьютер и вводятся в программу обработки измерений.

После обработки измерений составляются ведомости координат плановых деформационных марок и вычисляются:

Абсолютные плановые и высотные деформации (относительно начального цикла измерений):

$$\Delta X_i = X_i - X_0;$$

$$\Delta Y_i = Y_i - Y_0;$$

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_0.$$

Общее абсолютное смещение:

$$\Delta_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2},$$

где X_0, Y_0 и Z_0 - координаты деформационных марок в начальном цикле измерений;

X_i, Y_i и Z_i - координаты деформационных марок в текущем цикле измерений.

Полученные данные с наибольшей достоверностью позволяют определить величины, характеризующие изменения.

Результаты вычислений оформляются в виде сводной ведомости координат деформационных марок и схемы, на которой показываются величины плановых и высотных смещений деформационных марок.

Цикличность проведения геодезического мониторинга

Наблюдения деформаций несущих конструкций осуществляется согласно календарному плану реконструкции объекта.

Наблюдения в период реконструкции выполняются циклами с частотой, которая уточняется по результатам мониторинга в предыдущем цикле. Наблюдения включают замеры температуры (внутри и снаружи объекта) и технологических нагрузок. Частота проведения циклов корректировалась в зависимости от величин и характера деформаций, и технологии реставрационных работ.

Метрологическое обеспечение геодезических измерений

К использованию в геодезических работах допускаются только средства измерений, прошедшие метрологическую поверку. Поверка стандартных средств измерений проводится в соответствии с требованиями государственных стандартов на методы и средства поверки.

Оценка точности измерений смещений

При использовании метода координатных измерений смещений погрешность их значений складывается из следующих факторов.

1. Погрешность определения координат точек исходной сети
2. Погрешность определения координат точек опорной сети
3. Погрешность определения координат точек деформационной сети
4. Погрешность определения точки стояния тахеометра.

Анализ точности измерений был выполнен по реальным расхождениям координат точки стояния тахеометра на кронштейне на колокольне, полученных в 15 циклах измерений.

При определении координат точки стояния тахеометра использовалось избыточное количество опорных точек с известными координатами, что позволило, используя опцию Trimble «Обратная засечка» выполнить уравнительные вычисления и определить «стандарт отклонения» результатов измерения от вероятнейшего значения, который не превышает величины $\pm 0,4$ мм.

Применяя известный из теории погрешностей «принцип равных влияний», и вероятностный критерий 0,99 можно предполагать, что смещения деформационных марок в $\pm 0,6$ мм будет обнаружено с вероятностью 99%.

Мониторинг угловых отклонений иконостаса

Принципиальная схема мониторинга угловых отклонений характерных узлов иконостаса на стадии возведения колокольни до 2 яруса заключается в организации и выполнении плановых циклов инструментального контроля при помощи автоматизированной системы.

Организация и проведение мониторинга угловых отклонений характерных узлов иконостаса на данном этапе состояли из следующих операций:

1. Калибровка автоматической контрольной системы мониторинга угловых отклонений характерных узлов иконостаса в составе:

- 6 двухкомпонентных инклинометров;
- станция регистрации автоматических измерений;
- кабельная сеть электроснабжения и передачи данных.

2. Контроль угловых отклонений характерных узлов иконостаса, в том числе в непрерывном режиме в процессе вывешивания.

3. Регистрация 10 циклов результатов контроля за угловыми отклонениями характерных узлов иконостаса.

Для измерения угловых отклонений характерных узлов сохранившейся части иконостаса используются двухкомпонентные тензометрические инклинометры KB-5AC, располагающиеся на простенках 2-го и 3-го ярусов. Для снятия

показаний и обработки результатов измерений используется тензометрическая станция National Instruments серии PXI с измерительными модулями NI PXIe-4330.

Угловые отклонения характерных узлов сохранившейся части иконостаса находятся по разности значений угловых перемещений, полученных в текущем цикле наблюдений с исходным (нулевым).

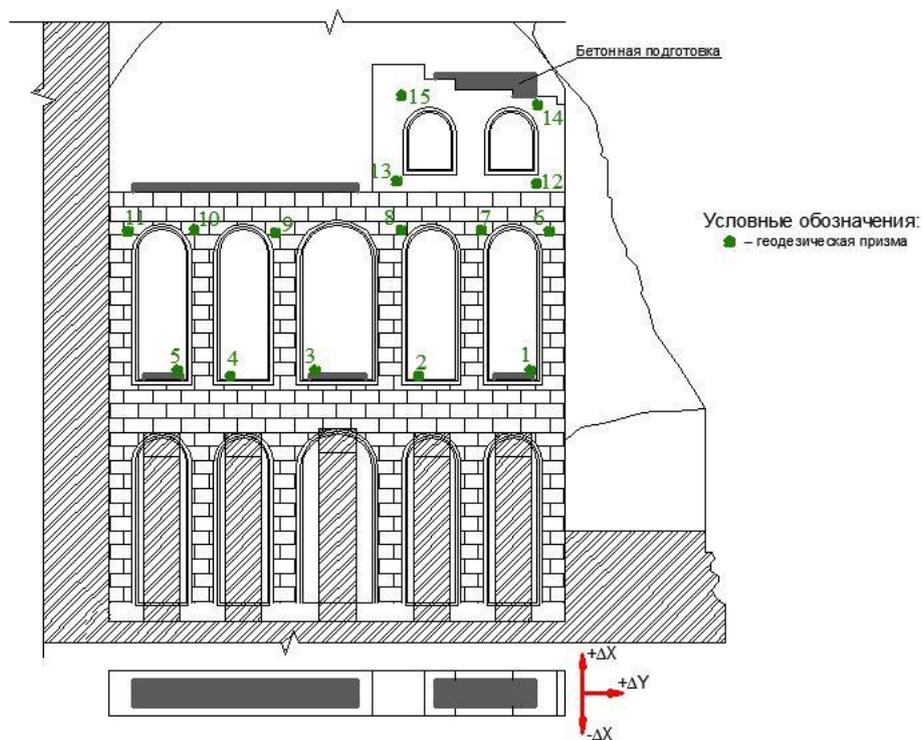


Рисунок 5.1 - Схема расстановки световозвращающих призм на сохранившейся части иконостаса

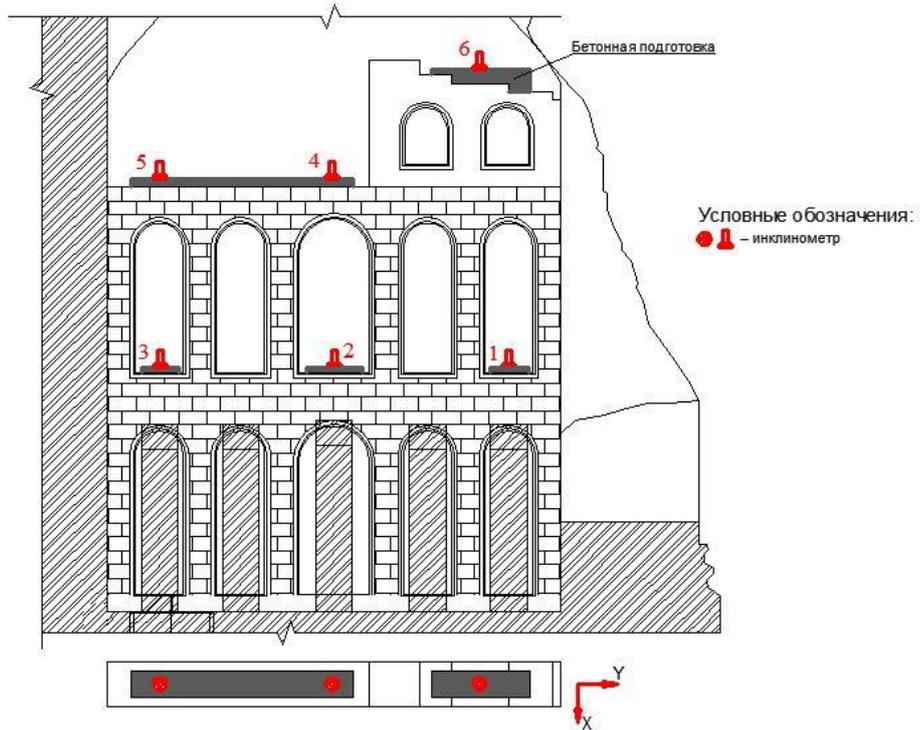


Рисунок 5.2 - Схема расстановки инклинометров на сохранившейся части иконостаса

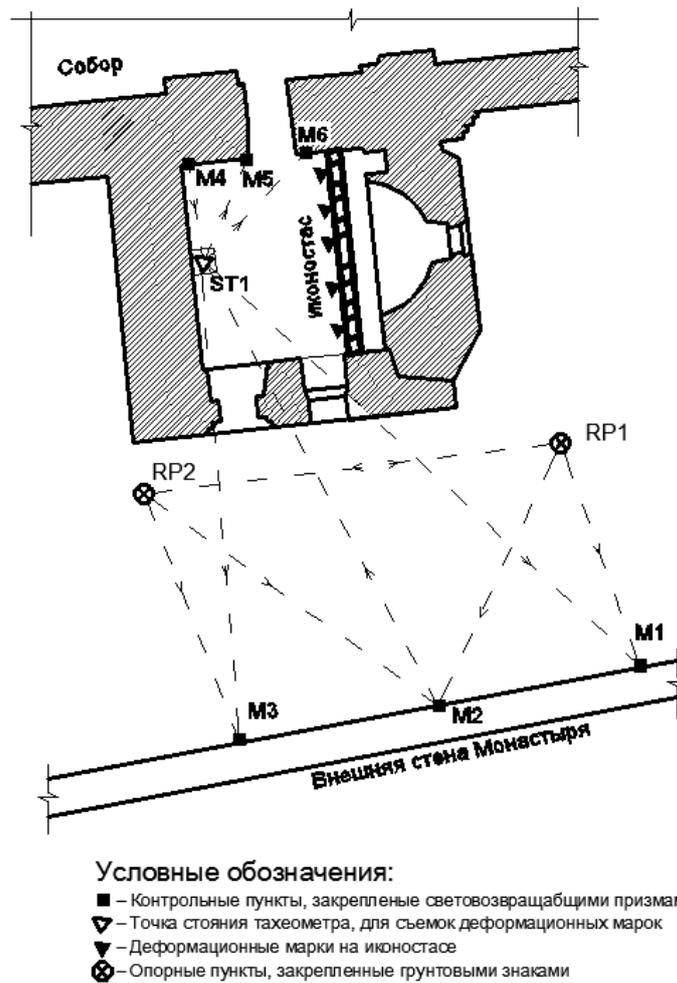
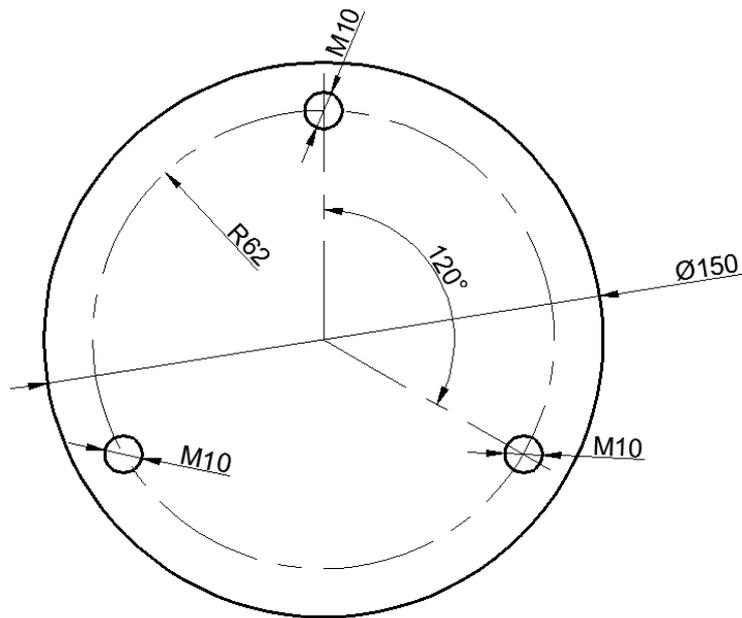


Рисунок 5.3 - Схема опорной геодезической сети



Толщина пластины = 5мм

Рисунок 5.4 - Монтажная площадка для крепления инклинометра

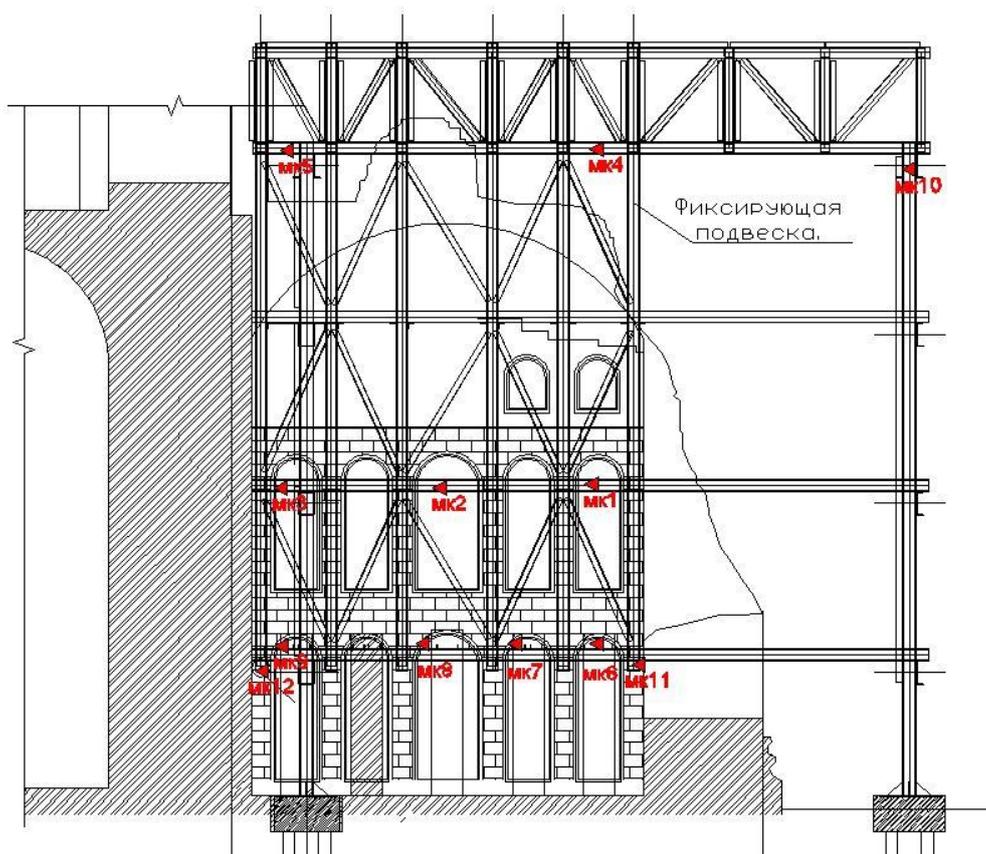


Рисунок 5.5 - Схема расстановки световозвращающих призм на опорную раму иконостаса

Определение координат и высот опорной геодезической сети

Определение координат и высот опорной геодезической сети (точки М1-М6, рисунок 5.5.) выполнялось в каждом цикле измерений в соответствии с методикой, изложенной выше.

Результаты измерений координат представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

Координаты исходной сети

| №№ | X, м | Y, м | Z, м |
|-----|----------|----------|----------|
| Rp1 | 371.1262 | 623.9442 | 141.9659 |
| Rp2 | 340.3892 | 637.1566 | 142.0157 |

Таблица 5.3.

Координаты опорной сети

| №№ | Исходный цикл 29.08.2012 | | |
|----|--------------------------|----------|----------|
| | X, м | Y, м | Z, м |
| M1 | 430.222 | 635.1306 | 150 |
| M2 | 412.6973 | 649.7104 | 149.0743 |
| M3 | 385.3852 | 672.6021 | 148.4633 |
| M4 | 348.7235 | 610.0342 | 148.3545 |
| M5 | 349.9095 | 609.2288 | 148.4666 |
| M6 | 351.286 | 608.255 | 148.493 |

| №№ | 1 цикл 18.10.2012 | | | Δ 1 - Исходный | | |
|----|-------------------|----------|----------|----------------|---------|---------|
| | X, м | Y, м | Z, м | ΔX, м | ΔY, м | ΔZ, м |
| M1 | 430.2218 | 635.1305 | 149.9999 | -0.0002 | -0.0001 | -0.0001 |
| M2 | 412.6974 | 649.7103 | 149.0741 | 0.0001 | -0.0001 | -0.0002 |
| M3 | 385.3851 | 672.6022 | 148.4631 | -0.0001 | 0.0001 | -0.0002 |
| M4 | 348.7234 | 610.0341 | 148.3547 | -0.0001 | -0.0001 | 0.0002 |
| M5 | 349.9097 | 609.2289 | 148.4666 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 |
| M6 | 351.2859 | 608.2548 | 148.4929 | -0.0001 | -0.0002 | -0.0001 |

Представленные в таблице 5.3 данные свидетельствуют о стабильности состояния опорной сети.

Определение координат и высот деформационных марок

Координаты деформационных марок на конструктивных элементах иконостаса определены по методике, описанной выше.

Результаты измерений координат представлены в табл. 5.4.

Таблица координат и высот, деформационных марок иконостаса

| Номер точки | 0 цикл 30.08.2012 | | |
|-------------|-------------------|----------|----------|
| | X | Y | Z |
| 1 | 355.4364 | 612.5092 | 145.4004 |
| 2 | 354.8312 | 611.4295 | 145.3236 |
| | 353.7444 | 610.0116 | 145.3872 |
| 4 | 353.0158 | 608.9881 | 145.3094 |
| 5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 355.5521 | 612.5143 | 147.6290 |
| 7 | 354.8687 | 611.5528 | 147.6406 |
| 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 9 | 353.3530 | 609.4100 | 147.6670 |
| 10 | 353.0070 | 608.9180 | 147.6770 |
| 11 | 352.3190 | 607.9550 | 147.6890 |
| 12 | 355.3050 | 612.4799 | 148.3098 |
| 13 | 354.3928 | 611.2256 | 148.4042 |
| 14 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 15 | 354.2553 | 611.2596 | 149.4739 |

| Номер точки | 1 цикл 18.10.2012 | | | Номер точки | Δ 1-0 | | | Вектор смещения ΔP |
|-------------|-------------------|----------|----------|-------------|---------|---------|---------|-----------------------|
| | X | Y | Z | | ΔX | ΔY | ΔZ | |
| 1 | 355.4362 | 612.5060 | 145.4001 | 1 | -0.0002 | -0.0031 | -0.0003 | 0.0031 |
| 2 | 354.8319 | 611.4279 | 145.3230 | 2 | 0.0007 | -0.0017 | -0.0006 | 0.0018 |
| 3 | 353.7443 | 610.0107 | 145.3866 | 3 | -0.0001 | -0.0009 | -0.0006 | 0.0009 |
| 4 | 353.0158 | 608.9867 | 145.3096 | 4 | -0.0001 | -0.0014 | 0.0002 | 0.0014 |
| 6 | 355.5522 | 612.5137 | 147.6276 | 6 | 0.0001 | -0.0005 | -0.0014 | 0.0005 |
| 7 | 354.8683 | 611.5525 | 147.6394 | 7 | -0.0004 | -0.0003 | -0.0012 | 0.0005 |
| 12 | 355.3056 | 612.4791 | 148.3086 | 12 | 0.0006 | -0.0008 | -0.0012 | 0.0010 |

| | | | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----|---------|---------|---------|--------|
| 13 | 354.3927 | 611.2251 | 148.4033 | 13 | -0.0001 | -0.0005 | -0.0009 | 0.0005 |
| 15 | 354.2553 | 611.2595 | 149.4727 | 15 | 0.0000 | -0.0001 | -0.0011 | 0.0001 |

Представленные в таблице данные свидетельствуют о достаточно стабильном состоянии иконостаса. Исключение составляет т.1 подвергшееся механическому воздействию, не связанному с перемещением иконостаса в период подведения фундамента и демонтажа опорной рамы.

Увеличение значений пространственных перемещений замаркированных точек иконостаса после второго этапа связано с потерей в ходе проведения строительных работ точки опорной сети М4.

Выводы по результатам координатных измерений в период возведения колокольни до второго яруса.

На основании описанной выше методики измерений смещений точек, точностных расчетов и результатов измерений смещений можно сделать следующее заключение:

1. Работы выполнены в соответствии с календарным планом и техническим заданием по договору.
2. Точность измерений смещений не ниже заявленной в пункте 10.3 технического задания.
3. Нестабильность опорной геодезической сети за период не зафиксирована, т.к. расхождения значений координат в исходном и текущих циклах не превышают погрешности измерений.
4. Точность контроля угловых перемещений соответствует пункту 10.4 технического задания.

Анализ представленный в таблице 5.3 10 циклов измерений показывает, что положение иконостаса в период с 16.10.2012 по 21.11.2012 изменялось не более чем на 2,7мм, что связано с потерей в ходе проведения строительных работ точки опорной сети М4; исключение составляет т.1, получившая повреждения не связанные с перемещениями иконостаса, что свидетельствует о достаточной стабильности состояния конструкции иконостаса.

6. Анализ 10 циклов перемещений опорной рамы иконостаса в период восстановления фундамента показывает стабильность ее состояния до 4го цикла измерений, после которого был начат её демонтаж.

7. Данные величины зафиксированы с погрешностью не более $\pm 0,6$ мм, т.е. достоверность результата составляет не менее 99,6%, что позволяет утверждать, что зафиксированные смещения являются результатами технологических воздействий при реконструкционных работах.

6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

6.1 Состояние вопроса и обзор нормативной документации по испытаниям строительных конструкций.

Испытания конструкций и сооружений в натуре производятся как вновь построенных так и эксплуатируемых. Испытания вновь построенных сооружений производятся в относительно редких случаях, преимущественно перед вводом в эксплуатацию особо ответственных конструкций (пролетные конструкции мостов, пространственные покрытия и тому подобное.)

Вновь построенные сооружения испытываются с целью проверки соответствия их проектным и нормативным требованиям в отношении несущей способности, жесткости и трещиностойкости и возможности принятия в эксплуатацию. Испытания эксплуатируемых конструкций и сооружений производят с целью выяснения их общего состояния, а также фактической несущей способности, обычно в случае необходимости увеличения нагрузки, действующей на несущие конструкции этих сооружений, или при появлении сомнений в надежности несущих конструкций вследствие износа или повреждений.

Особое место занимают испытания опытных конструкций перед внедрением их в массовое производство. Необходимость испытания опытных конструкций возникает в связи с тем, что в них обычно применяются новые формы и очертания, используются более совершенные методы расчета, смелее назначаются соотношения и размеры конструктивных элементов, применяются новые материалы и их сочетания и так далее конструкции испытываются, как правило, до разрушения, что позволяет выявить наиболее слабые места в них и внести в проект коррективы, устраняющие эти недостатки.

Нормативными документами требуется также производить испытания периодически отбираемых образцов конструкций, которые выпускаются на заводах железобетонных конструкций в больших количествах. Эти испытания необходимы главным образом для проверки качества применяемых материалов и выполнения технологических правил изготовления конструкций. Испытания таких конструкций чаще всего производятся нагрузкой, превышающей расчет-

ную настолько, чтобы полученные запасы прочности были достаточны. Результаты испытаний отдельных конструкций характеризуют качество всей партии продукции, от которой отобраны испытанные образцы. Заводские испытания производят как правило на заводах железобетонных конструкций, имеющих специальные испытательные стенды и хорошо оборудованные лаборатории.

Лабораторные испытания проводят для выявления свойств материала конструкций, а также в лабораториях как правило производят испытания небольших образцов и мелкомасштабных моделей, преимущественно с научно - исследовательскими целями. В последнее время все большее применение находят подвижные лаборатории для исследований и испытаний строительных конструкций и сооружений, смонтированные в железнодорожных вагонах, на автомобилях, катерах и оснащенные современной измерительной аппаратурой.

В тех случаях, когда исследования работы конструкций трудно осуществить, пользуясь натурными образцами (нужны большие испытательные полигоны, значительные испытательные нагрузки; стоимость экспериментальных работ оказывается высокой); или когда натурные сооружения испытать практически невозможно, испытаниям подвергаются модели исследуемых конструкций или сооружений.

Составление технической документации перед испытаниями.

Составляется следующая документация:

- Техническое задание;
- Акт освидетельствования;
- Повторный расчет (пересчет).

В процессе которого производится пересчет конструкций с учетом всех обнаруженных дефектов в процессе осмотра. При пересчете определяются деформации и напряжения, перемещения в тех сечениях, где устанавливаются приборы. Эти данные необходимы для сравнения теоретических и опытных результатов. На основании этого сравнения можно осуществить исправления проекта в сторону усиления или облегчения конструкций;

Рабочая программа является основным методическим документом, в котором определен план и порядок испытаний.

Примерное содержание программы:

- Определение целей и задач испытаний;
- Краткое описание особенностей конструкций, которые учитываются при испытании;
- Описание и обоснование принятой методики;
- Указания в каком виде представляются результаты испытаний.

Состав испытательной группы: перечень необходимого оборудования и приборов: график производства испытаний: сроки представления отчетной документации

Указывается место проведения испытаний.

Проект испытаний содержит:

- Чертежи всех конструкций, необходимых для установки, закрепления и опирания в устойчивом положении испытываемых конструкций;
- Чертежи опорных площадок и приспособлений для размещения испытательных площадок, механизмов загрузки;
- Чертежи для осмотра, закрепления приборов и снятия с них отсчетов;
- Чертежи устройств для предохранения конструкции от обрушения;
- Методика испытаний;

В методике испытаний рассматривается:

- рабочая схема испытываемых конструкций;
- выбор и размещение измерительных приборов;
- определение величины испытательных схемы и порядок их приложения.

Рабочая схема испытываемой конструкции

Рабочей схемой называется статическая схема которая принимается при испытании конструкций. В ней отражаются условия опирания и закрепления испытываемой конструкции на опорах; схема приложения нагрузок. При со-

ставлении рабочих схем в зависимости от задач испытаний могут быть 2 варианта.

Выбор рабочей схемы, которая была принята при расчете в процессе составления проекта.

Выбор расчетной схемы, которая более близка к действительной работе сооружения.

Например: Однопролетная балка рассчитывается как опертая шарнирно – неподвижно, так и шарнирно – подвижно, но в работе сооружения указанного нет. Нужно обеспечить неподвижность и при испытании.

В первом случае отклонение результатов испытаний от расчетных является следствием качества испытываемой конструкции. Нужно отметить, что полученные данные не полностью будут отражать действительную работу конструкции в сооружении.

Во втором случае результаты испытаний будут отвечать действительной работе конструкции. Расхождение результатов будет зависеть не только от качества конструкции, но и от того, что не совпадают расчетные схемы проекта и испытаний. В этом случае необходимо пересчитать конструкцию по рабочей схеме, для того чтобы можно было сравнить с расчетными данными.

Особенно важно выявить действительную расчетную схему в монолитных железобетонных конструкциях; в пространственных конструкциях, так далее в действительности элементы конструкции частично защемлены или заделаны в примыкающие элементы и происходит перераспределение усилий в отдельных элементах.

При работе сборных конструкций также иногда бывает трудно оценить работу отдельных элементов. Например: при рассмотрении работы совместно сжатого пояса и примыкающих панелей. При испытании конструкций необходимо также обращать внимание на устойчивость испытываемой конструкции, что обеспечивается путём постановки необходимых креплений, которые не должны искажать картину разрушения конструкции.

Выбор объекта испытания. Выбор объекта наблюдения является одним из ответственных моментов намечаемого испытания сооружения, так как от его правильности в значительной мере зависит успех эксперимента. Если испытанию подвергается новое, только что законченное сооружение и при внешнем его осмотре не обнаружено никаких дефектов, внушающих сомнение в прочности целой конструкции или отдельных её элементов, то совершенно нет необходимости испытывать всё сооружение полностью. Достаточно провести испытание отдельных элементов конструкций в количестве, не превышающем 5% от общего их числа или по одному элементу при общем числе их менее двадцати.

В случаи испытания повреждённой конструкции или конструкции, при возведении которой были допущены какие-либо отступления от технических правил, например, если при бетонировании конструкции произошло замораживание бетона и тому подобное, то для испытания выбираются наиболее пострадавшие элементы конструкции, в иногда и всё сооружение в целом. Для испытания покрытия, состоящего из плоских металлических либо деревянных ферм или арок, можно выбирать любую из них, за исключением тех ферм или арок, к которым примыкают связи жёсткости в плоскостях нижнего и верхнего пояса, так как они участвуют в совместной работе и тем самым, уменьшают их деформации.

Очень часто приходится испытывать отдельные элементы, как-то: фермы, балки, прогоны, плиты и тому подобное, ещё не установленные на своё место в сооружении. В этом случаи также испытывают обычно не более 5% всех элементов. Необходимость массового испытания отдельных элементов сооружения определяется специальной комиссией, наблюдающей за возведением сооружения или назначенной для решения вопроса об испытании.

Выбор объекта испытания, проводимого с научно-исследовательской целью, зависит от поставленных теоретическими решениями задач.

6.2 Классификация видов испытаний, необходимость проведения испытаний, случаи необходимости проведения испытаний.

Испытания строительных конструкций осуществляют в больших объемах и с разнообразными целями и задачами. По своему назначению испытания подразделяют на несколько групп. Приведем главные из них.

Контрольные испытания конструкций проводятся при серийном изготовлении сборных элементов и конструкций на заводах железобетонных конструкций и полигонах для массового строительства. Целью таких испытаний является контроль заводской продукция. Такие испытания предусматривают ГОСТ 8829 «Изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости». Этот стандарт распространяется на все сборные железобетонные изделия из всех видов бетона и устанавливает требования, порядок, объемы и методы текущих контрольных статических испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости изделий по результатам этих испытаний.

Испытания вновь запроектированных конструкций осуществляют с целью проверки соответствия этих конструкций проектным и нормативным требованиям по несущей способности, жесткости и трещиностойкости. ГОСТ 8829 -77 не устанавливает методы испытаний, проводимых с целью проверки правильности вновь запроектированных изделий, поэтому эти испытания требуют разработки программы с обоснованием принимаемых рабочих схем опирания и загрузки конструкций. К этой группе испытаний можно отнести и испытания опытных конструкций перед внедрением их в массовое производство. Опытные конструкции испытывают до разрушения, что позволяет выявить наиболее слабые места в них или фактический коэффициент запаса прочности и внести в проект соответствующие коррективы.

Испытания конструкций, проводимые в процессе научных исследований, необходимы для экспериментального изучения на отдельных образцах конструкций вопросов, способствующих совершенствованию теории и методики расчета вновь разрабатываемых железобетонных конструкций. Такие испы-

тания являются составной частью экспериментально-теоретических или проектно-конструкторских разработок. В процессе эксперимента изучают взаимодействие бетона и арматуры, влияние количества, качества и расположения арматуры на несущую способность, деформативность и трещиностойкость конструкций, напряженное состояние в сечениях элементов, влияние стыковых соединений сборных элементов на выбор расчетной схемы; устанавливают отклонение реальных условий работы конструкции от расчетных гипотез и т. д. Эти испытания требуют разработки специальной рабочей программы исследования, соответствующей особенностям поставленных задач, а иногда и изготовления новой измерительной аппаратуры и необходимого оборудования.

Испытания вновь построенных сооружений или конструкций с целью проверки соответствия их проектным и нормативным требованиям производят в редких случаях, в основном перед вводом в эксплуатацию особо ответственных конструкций (пролетные строения мостов, пространственные покрытия и т. п.).

Испытания эксплуатируемых конструкций и сооружений проводят для выяснения их фактической несущей способности, жесткости и трещиностойкости обычно при необходимости увеличения нагрузки, действующей на несущие конструкции этих сооружений или при их износе или повреждениях.

6.3 Основная техника испытаний.

Натурные испытания строительных конструкций проводятся в случае, если данных на этапе освидетельствования оказалось недостаточно для составления вывода о пригодности конструкции к эксплуатации. Натурные испытания – это этап более углубленного, экспериментального исследования состояния несущих конструкций. Натурное испытание – это совокупность операций связанных с выявлением и проверкой состояния и работоспособности объекта в целом, и каждого из его элементов при пробном нагружении.

Цель натурных испытаний – оценка показателей, характеризующих свойства и состояние эксплуатируемых конструкций, а также изучение процессов, протекающих в них, для проверки правильности и точности теоретических рас-

четов. Круг вопросов, решаемых натурными испытаниями, не ограничивается задачами обследований.

Порядок подготовки и проведения натуральных испытаний

1. Составление технического задания;
2. Подготовка технической документации;
3. Подготовка к испытанию конструкций, приборов, оборудования;
4. Проведение испытаний;
5. Обработка результатов испытаний.

Техническая документация состоит из:

– «Рабочая программа испытания» – основной документ, в котором указываются цели, задачи испытания, рабочая схема испытаний, определяются места размещения приборов, сами приборы и аппаратура, методика проведения испытаний;

- Проект испытаний;
- Расчет испытываемой конструкции.

Главной частью является составление программы испытаний для получения достоверных данных, пригодных для сравнения с данными, полученными в результате расчета. Проект испытаний содержит чертежи всех конструкций и приспособлений, необходимых для закрепления и нагружения конструкции; чертежи устройств, предохраняющих конструкцию от полного разрушения и обеспечивающих безопасность работы персонала; чертежи подмостей и приспособлений по защите приборов от эксплуатационных нагрузок и воздействий.

Расчет испытываемой конструкции выполняется по результатам освидетельствования, с учетом выявленных, отклонений от проекта, повреждений и дефектов. В результате расчета определяются напряжения, деформации и перемещения в местах установки приборов. Данные расчетов позволяют проверять правильность существующих теорий.

Испытания проводят в три этапа:

1. Определение полных напряжений в конструкции до нагружения;
2. Испытание конструкции пробной нагрузкой малой величины – позво-

ляет уточнить расчетную схему и методику расчета;

3. Испытание конструкции пробной нагрузкой большой величины.

Натурные испытания дороги и трудоемки, поэтому в каждом случае в зависимости от задач, которые ставятся при проведении испытаний, определяется необходимый объем работ. Следует учитывать, будет ли конструкция эксплуатироваться в дальнейшем – и если нет, то конструкция доводится до разрушения.

6.4 Создание нагрузок, методы регистрации параметров.

Виды испытательных нагрузок:

1. Статические (квазистатические) нагрузки $t \gg T$;
2. Динамические нагрузки $t \leq T$.

где t – время действия нагрузки;

T – период собственных колебаний конструкции

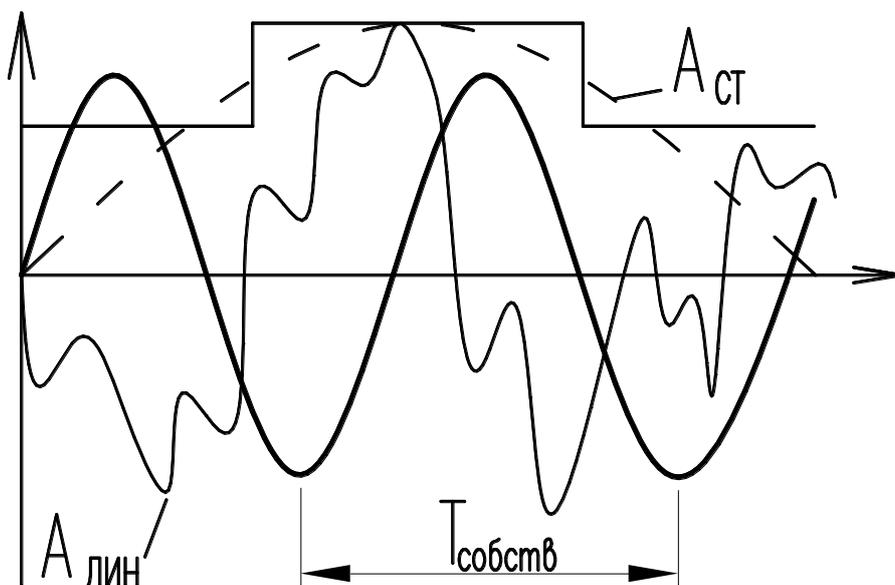


Рисунок 6.1 – Виды нагрузок

Требования к нагружающим устройствам:

1. Точность определения величины нагрузки;
2. Стабильность нагрузки во времени;
3. Быстрота изменения (как по величине, так и по направлению);
4. Обеспечение вида нагружения (сосредоточенные, распределенные линейно и нелинейно)

5. Соблюдение принципа независимости действия сил: когда к конструкции прикладываются разные нагрузки, то каждая из них не должна влиять на величину другой;

6. Максимальная механизация (то есть, уменьшение трудоемкости при создании, изменении и снятии нагрузки)

7. Соблюдение всех требований техники безопасности при испытании строительных конструкций.

В зависимости от того, какой вид воздействия создать и какую реакцию конструкции получить может быть выбран метод загрузки:

1. Сосредоточенные силы
2. Распределенная нагрузка;
3. Комбинированная нагрузка.

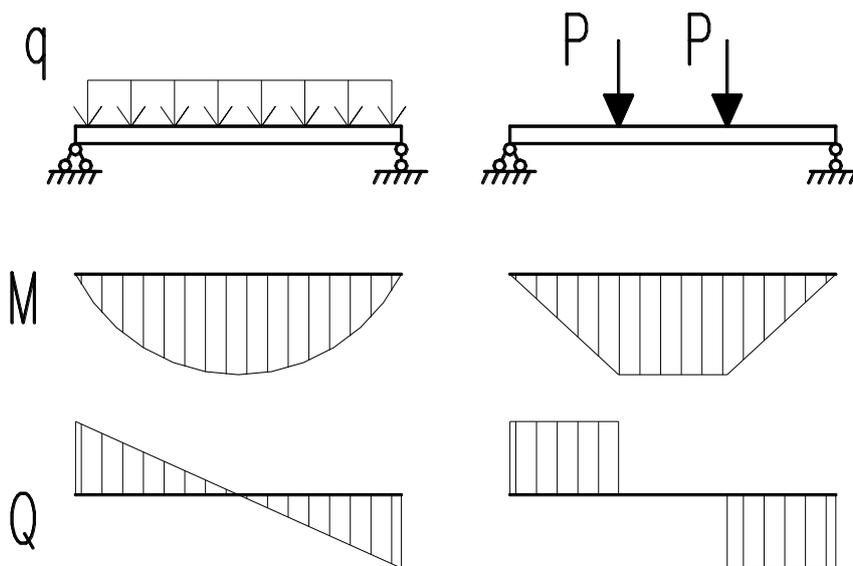


Рисунок 6.2 – Способы создания нагрузок

Возможна замена проектной нагрузки эквивалентной испытательной нагрузкой

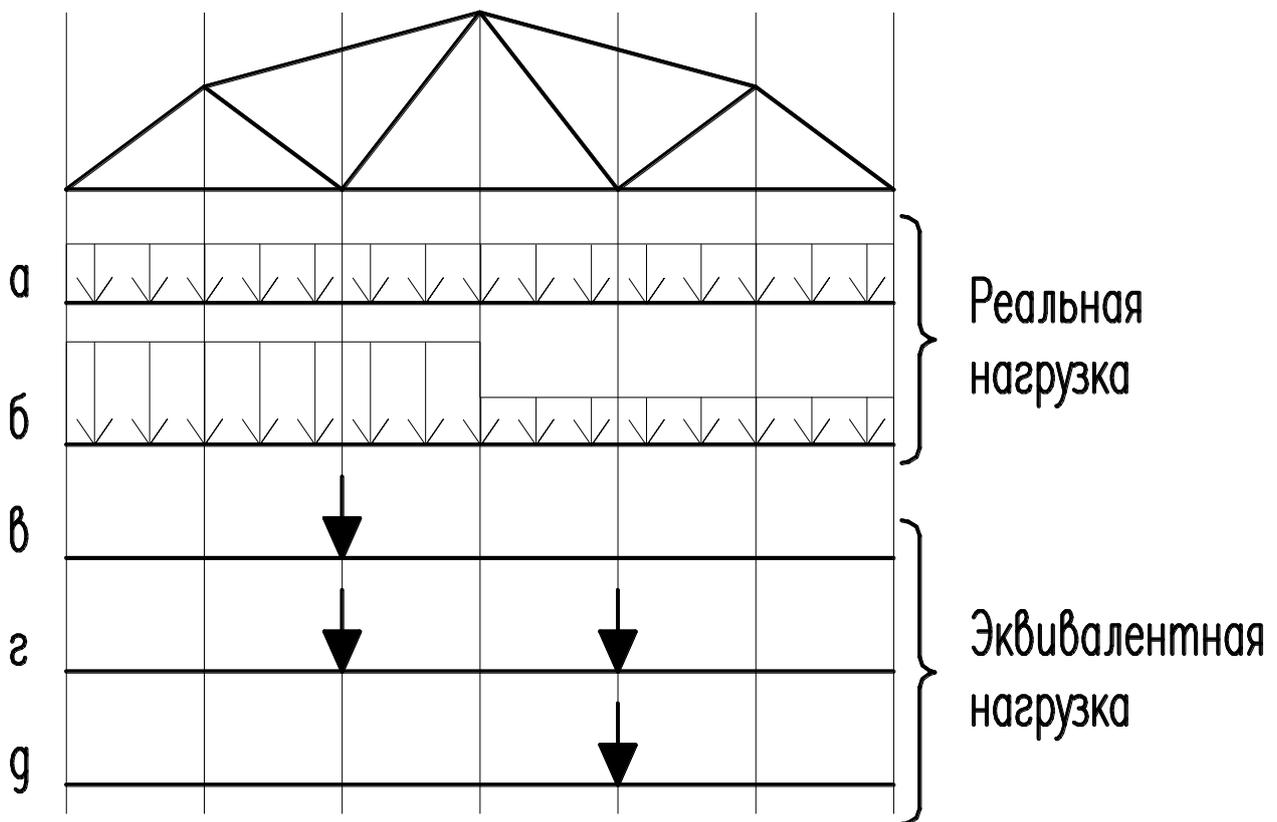


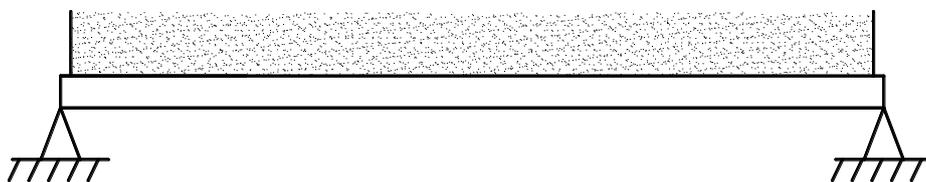
Рисунок 6.3 – Вариант эквивалентной нагрузки

Нагрузка как правило прикладывается ступенчато. Выдержка под нагрузкой:

1. Для металлических конструкций – 0,5 часов;
2. Для железобетонных конструкций – до 12 часов;
3. Для деревянных конструкций – до 2-х – 3-х суток.

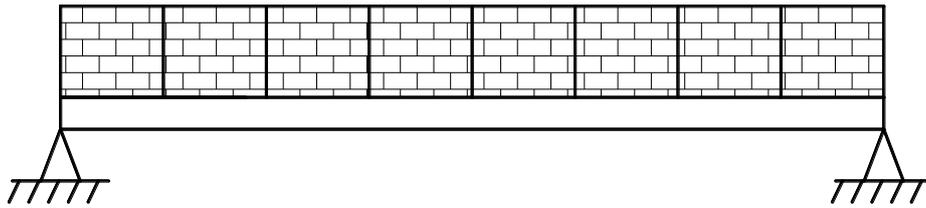
Способы создания распределенных нагрузок:

1. Сыпучие материалы (песок, гравий и другие).



Недостатки: изменение объемного веса в зависимости от влажности или плотности засыпки;
большие затраты времени на загрузку и разгрузку.

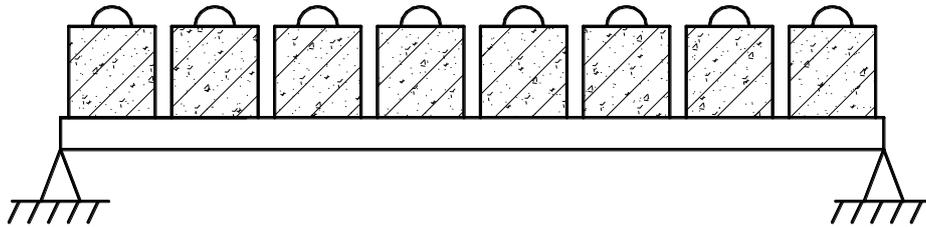
2. Мелкие штучные грузы (кирпич, кубики, чугунные отливки).



Достоинства: удобство укладки.

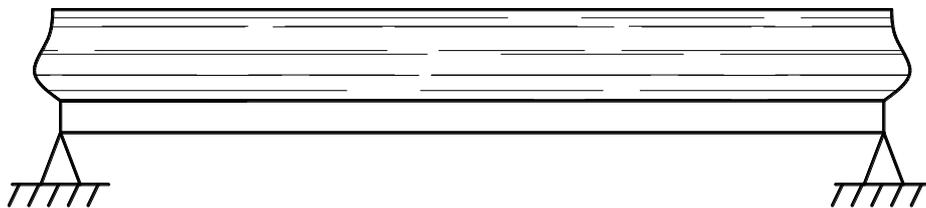
Недостатки: вес полной нагрузки определяется по среднему весу одного груза;
вес груза зависит от влажности;
высокая трудоемкость.

3. Крупные штучные грузы (бетонные блоки и другое).



Недостатки: неизвестно где точно опирается груз на конструкцию;
для установки требуются средства механизации.

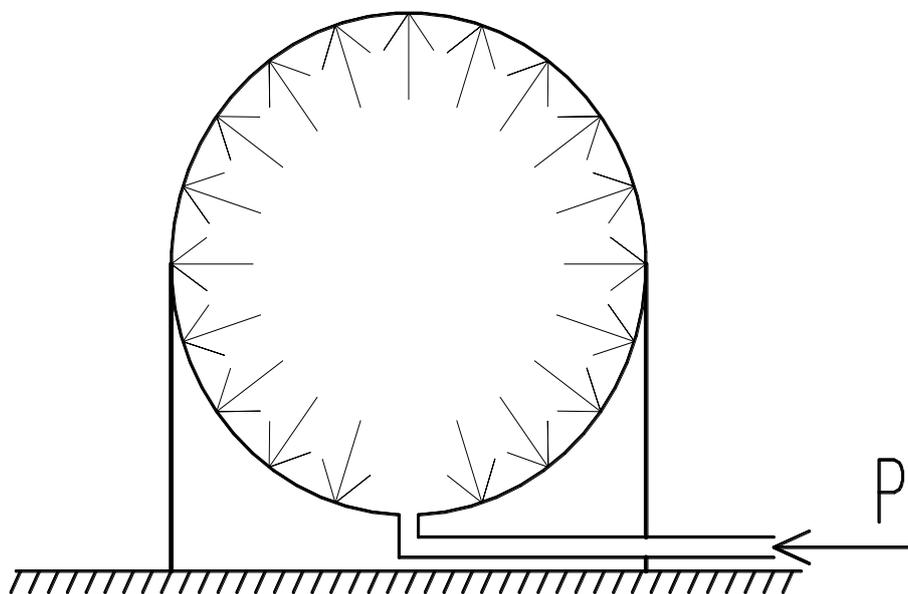
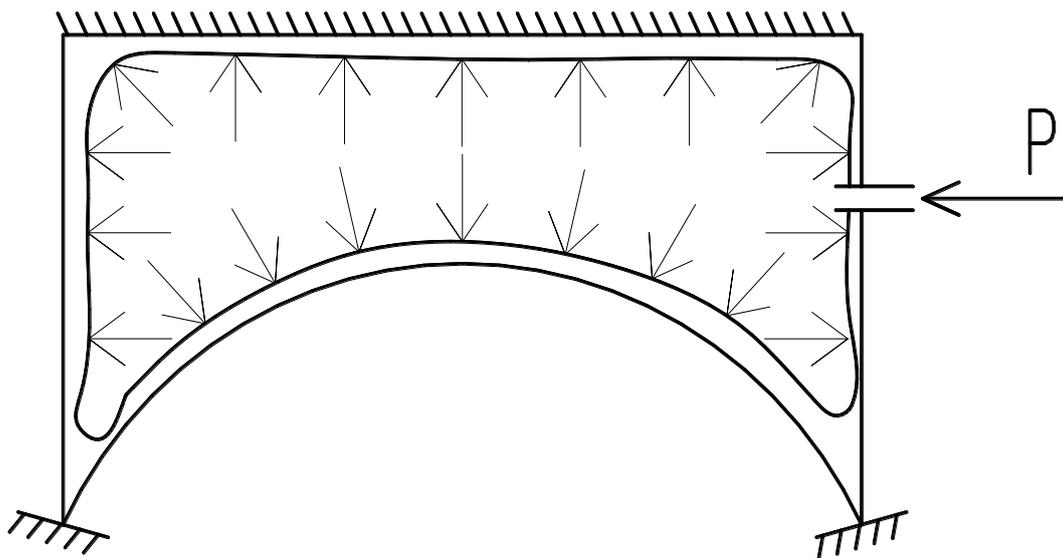
4. Нагружение плоских поверхностей водой.



Достоинства: удобство загрузки и разгрузки;
однородность передачи нагрузки

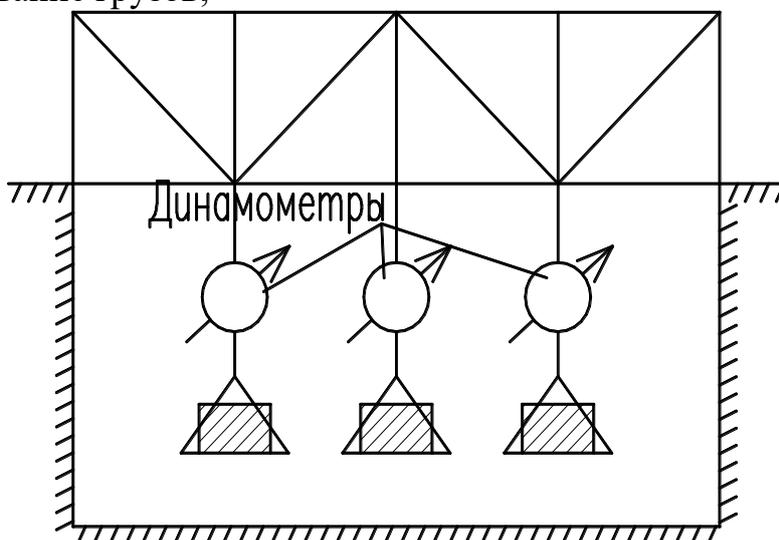
Недостатки: загрузка возможно только при положительной температуре;
поверхность конструкции должна быть строго горизонтальна.

5. Использование сжатого воздуха, давления воды на сосуды.

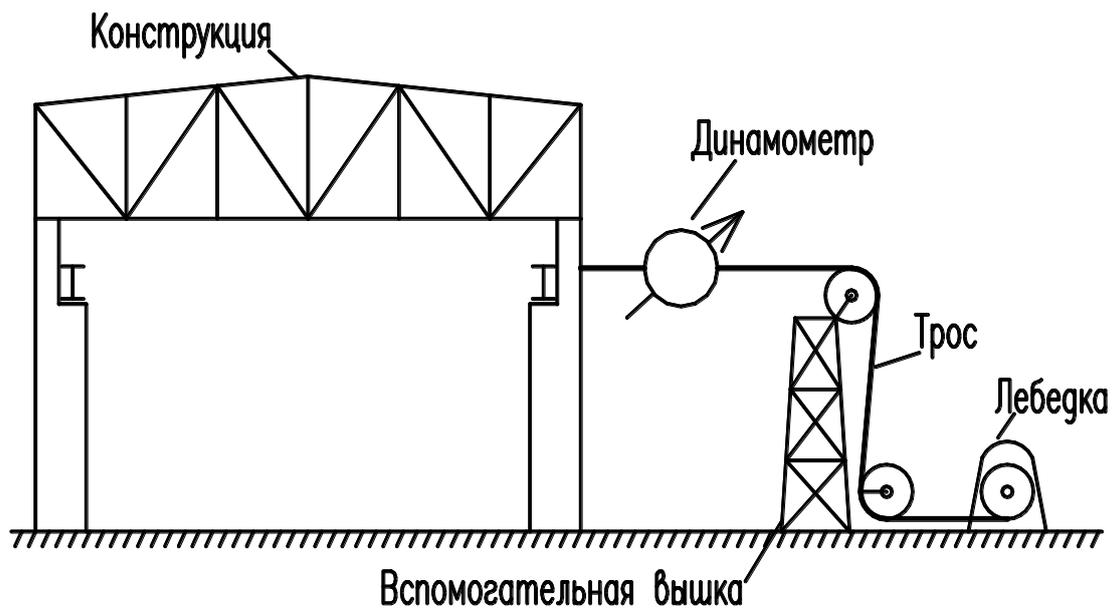


Способы создания сосредоточенных нагрузок:

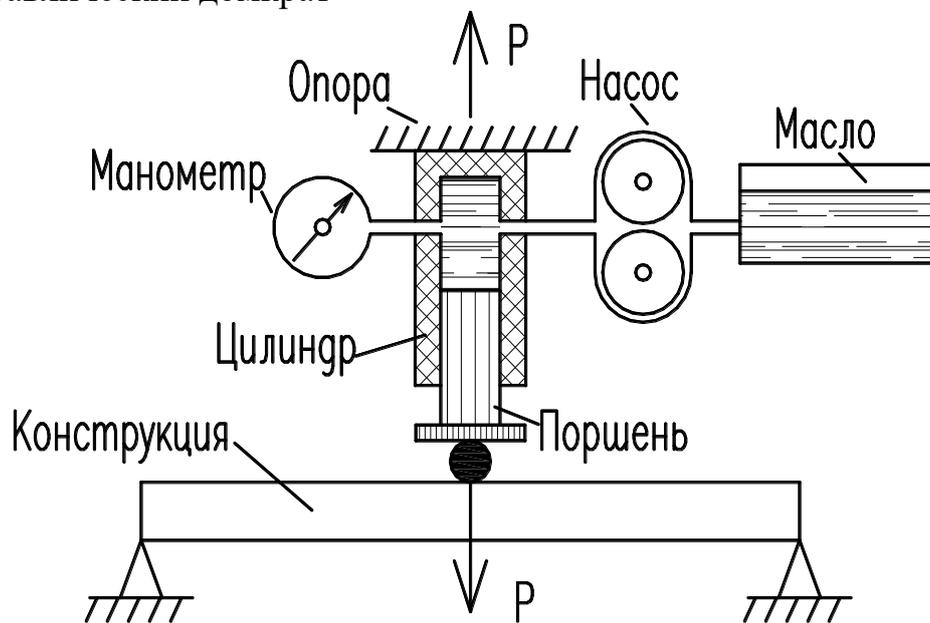
1. Подвешивание грузов;



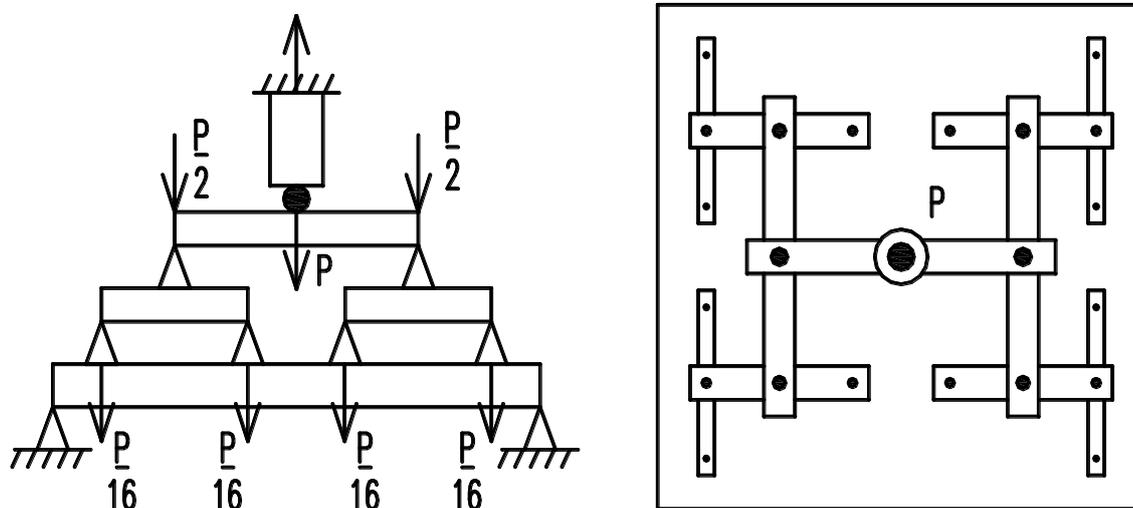
2. Натяжные устройства;



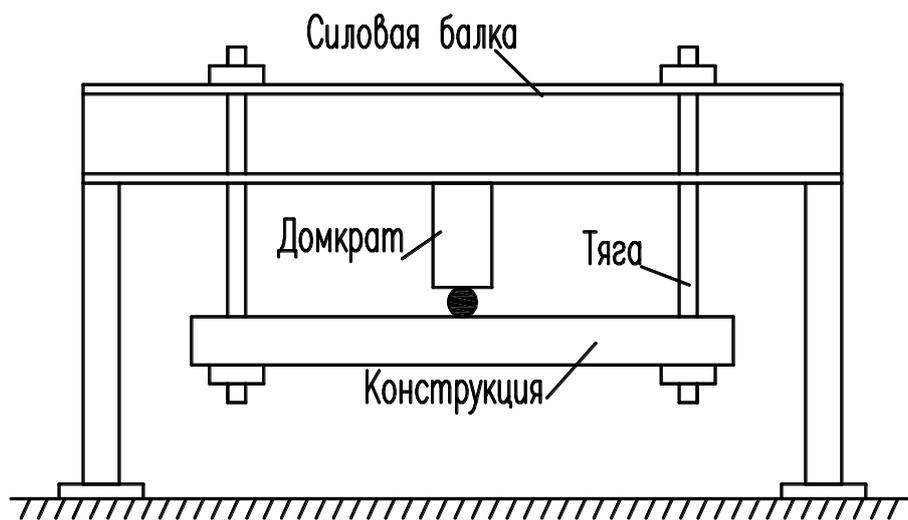
3. Гидравлический домкрат



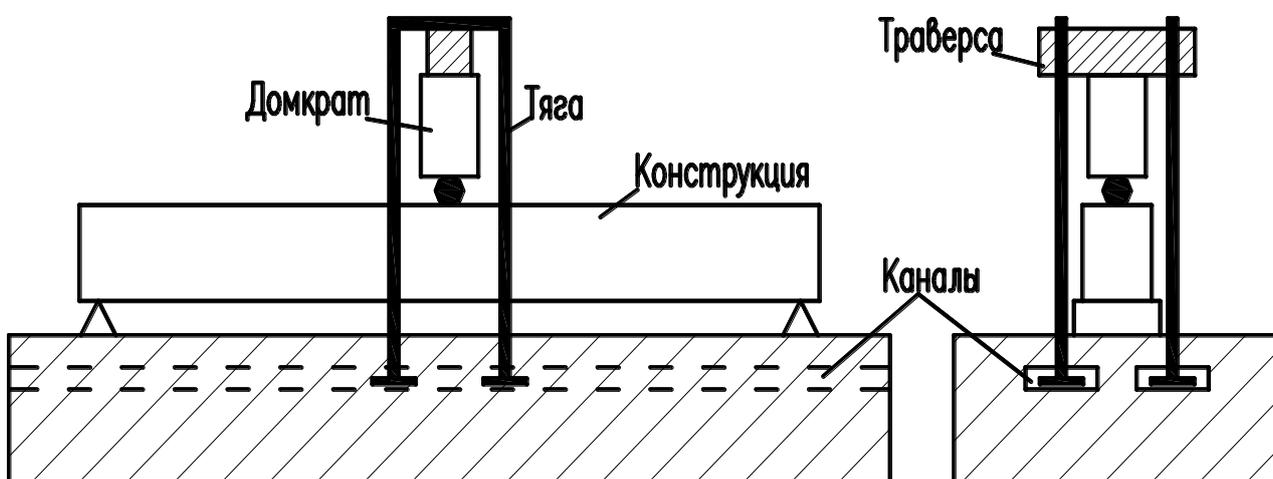
4. Рычажные системы



5. Испытательные стенды



6. Испытательные плиты (силовой пол)



6.5 Общие понятия о натуральных, лабораторных стендовых, производственных, приемо-сдаточных, модельных испытаниях.

Классификация видов испытаний конструкций зданий и сооружений.

По целевому назначению испытания разделяют на:

1. приемо-сдаточные испытания для проверки соответствия конструкций проектным и нормативным документам;
2. испытания давно эксплуатируемых конструкций для выявления их общего состояния и резервов несущей способности (как правило, при реконструкции);
3. испытания уникальных опытных конструкций перед началом их производства или перед вводом в эксплуатацию.

По характеру внешних воздействий испытания разделяют на:

– статические (при создании нагрузок ступенями, при выдержке конструкций под нагрузкой);

– динамические (при действии вибрационных, импульсных, ударных и комбинированных нагрузок);

– усталостные испытания (при циклическом действии нагрузок).

По месту и условиям проведения испытания разделяют на:

– полевые (натурные) испытания;

– заводские испытания;

– лабораторные (стендовые).

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1 Примеры выполнения испытаний.

Цель работы: определение жесткости, прочности и деформативности колонн переменного сечения по результатам проведения испытаний в соответствии с ГОСТ 8829.

Для достижения поставленной цели следует решить следующие **задачи**:

1. разработать рабочую программу проведения испытаний, включающую схему испытания (точки приложения расчетных нагрузок и контроля НДС), перечень средств нагружения и контроля НДС, этапы нагружения, критерии окончания испытания;
2. провести испытания фрагментов колонн;
3. выполнить обработку результатов испытаний и составить технический отчет.

Объекты испытаний:

- образцы железобетона для проведения испытаний на осевое сжатие (рисунок 7.1);

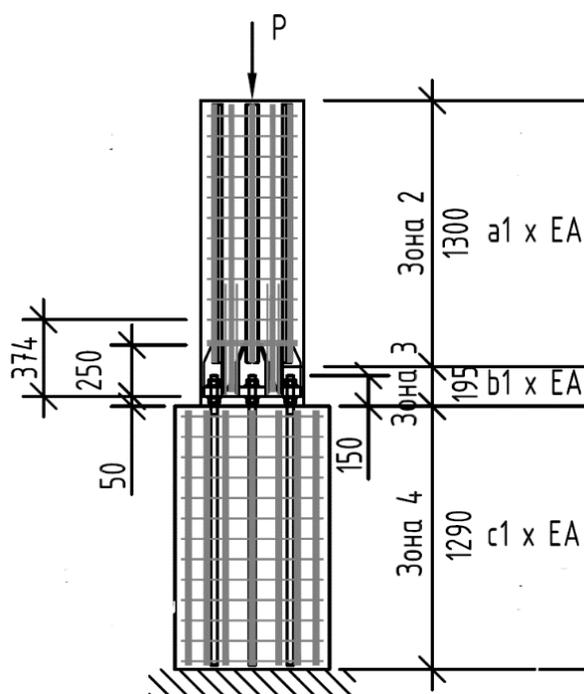


Рисунок 7.1 – Образец для проведения испытания на внецентренное сжатие

7.2 Обработка результатов статических и динамических испытаний.

Испытание образца колонны выполнили 29.01.2021. Испытания образцов кубов и балочек на изгиб по ГОСТ 10180-2018, образцов призм по ГОСТ 24452-80 и арматурных стержней на разрыв позволили определить основные характеристики материалов (таблица 7.1).

Таблица 7.1.

Физико-механические характеристики используемых материалов

| Характеристика | Величина характеристики | Протокол |
|--|-------------------------|-------------------------------|
| Прочность бетона, МПа | 83.1 | № К.7-20.К.12 от 09.02.2021 |
| | 79.9 | № К.7-20.К.11 от 09.02.2021 |
| Призменная прочность бетона, МПа | 77.2 | № К.7-20.П.С.2 от 09.02.2021 |
| Модуль упругости бетона, МПа | 39 286 | |
| Коэффициент Пуассона | 0.19 | |
| Прочность бетона на растяжение при изгибе, МПа | 5.08 | № К.7-20.П.РИ.2 от 08.02.2021 |
| Прочность МЗБ, МПа | 72.1 | № К.7-20.К.8 от 09.02.2021 |

Перед проведением испытания в мелкозернистом бетоне стыка (МЗБ) был выявлен ряд вертикальных температурно-усадочных трещин длиной на всю толщину подливки (250 мм) и шириной раскрытия до 0.05 мм. При увеличении продольной нагрузки происходило незначительное увеличение ширины раскрытия существующих трещин и образование новых продольных трещин в МЗБ.

При достижении контрольной нагрузки по эксплуатационной пригодности ($N_r = 7.15$ МН) вертикальные трещины в зоне стыка имели ширину раскрытия 0.05...0.1 мм. Дальнейшее увеличение нагрузки привело к ширине раскрытия трещин до 0.2 мм при контрольной нагрузке по несущей способности ($N = 11.15$ МН). Схема трещинообразования в зоне стыка при контрольной нагрузке по несущей способности представлена на рисунке 7.2 а, б, в и г. Дальнейшее увеличение продольной нагрузки привело к незначительному увеличению ширины раскрытия существующих трещин, при этом новые трещины не были выявлены. В процессе испытания достигли предела возможности испытательной

машины (15 МН) – признаков исчерпания несущей способности образца не было выявлено. Произошел скол в зоне расположения закладной детали в верхнем элементе колонны (рисунок 7.2 д) и верхней зоне приложения нагрузки (рисунок 7.2 е). После выдержки на данном уровне нагрузки в течение 15 минут испытания были остановлены.



Рисунок 7.2 – Параметры трещинообразования в стыке
 а) вид спереди; б) вид слева; в) вид сзади; г) вид справа; д) скол бетона вблизи закладной детали;
 е) скол бетона в зоне приложения нагрузки

Схема развития трещин в зоне стыка представлена на рисунке 7.3, где цифрами указана величина нагрузки в момент выявления трещины в МН. Уса-

дочные трещины, выявленные до начала нагружения, обозначены цифрой «0». В скобках представлена ширина раскрытия трещины при указанной нагрузке в мм.

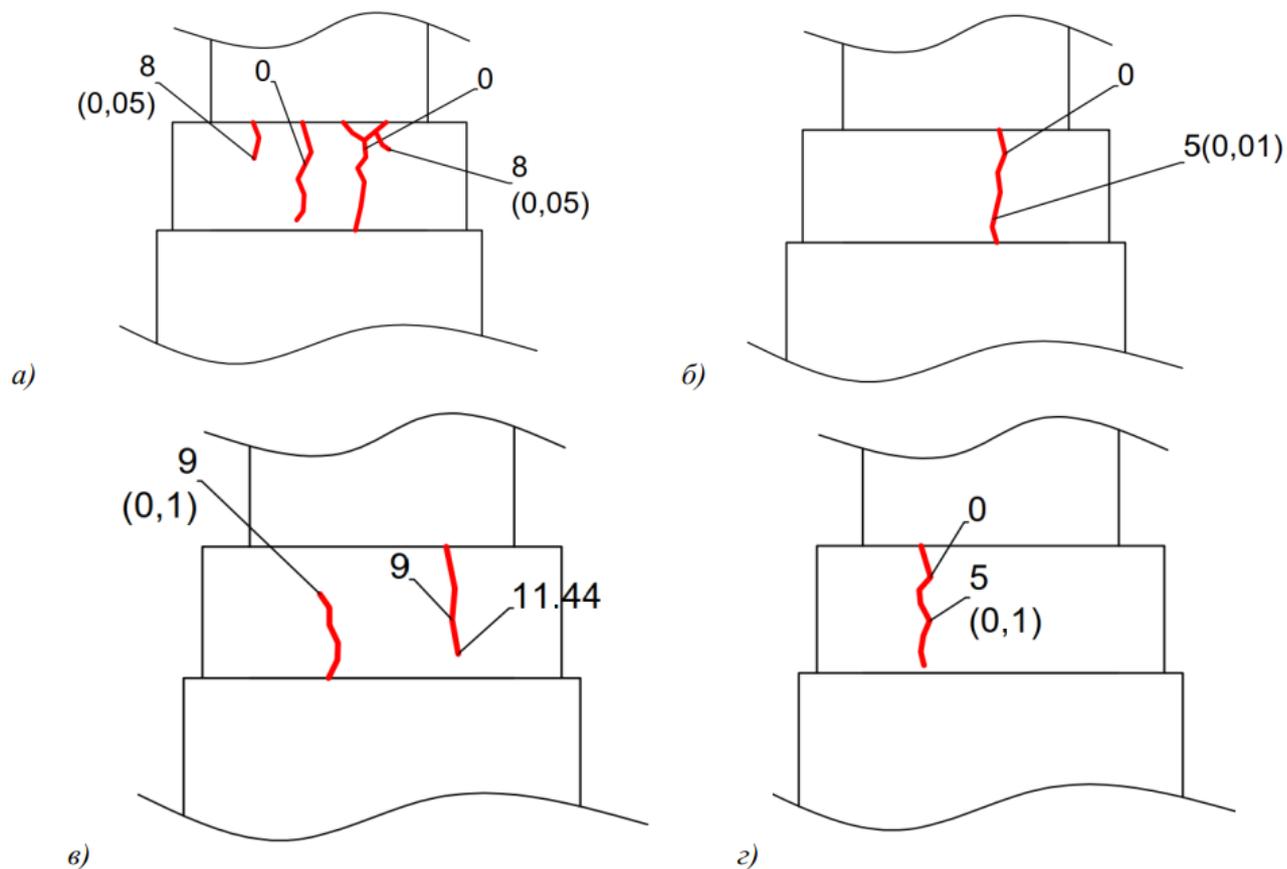


Рисунок 7.3 – Параметры трещинообразования в стыке
 а) вид спереди; б) вид слева; в) вид сзади; г) вид справа

В результате измерения перемещений по индикаторам удалось определить осредненные значения деформаций (ϵ) в каждой контрольной зоне колонны. Изменение деформаций с ростом продольного усилия представлены на рисунке 7.4. Для предотвращения повреждения регистрирующие приборы были сняты после преодоления контрольной нагрузки по несущей способности. При экстраполяции значений деформаций в зоне стыка (Зона 2) получим, что при $N = 15 \text{ МН} - \epsilon \approx 280 \cdot 10^{-5}$, что близко к предельной деформативности мелкозернистого бетона при сжатии.

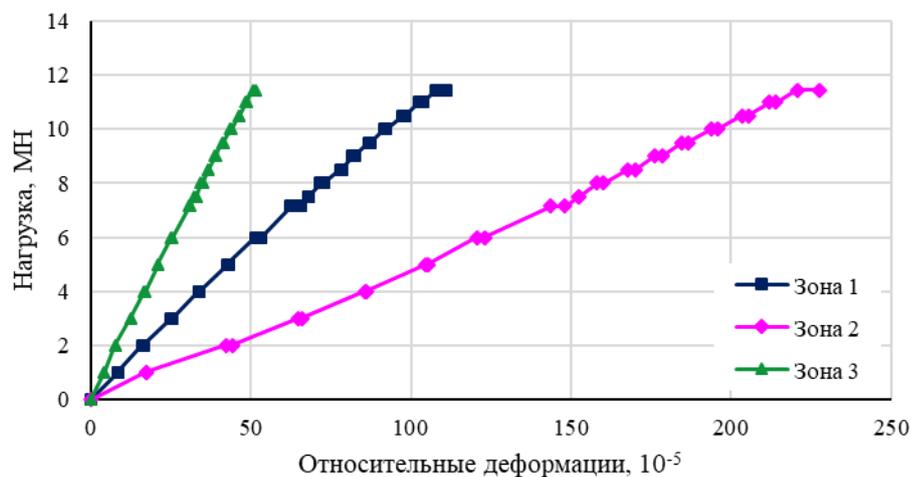


Рисунок 7.4 – Диаграмма деформирования по участкам колонн

Диаграмма изменения приведенного модуля деформаций для исследуемых сечений колонны в зависимости от величины продольной нагрузки представлена на рисунке 7.5. Характер изменения диаграмм показывает, что приведенный модуль деформации в зоне стыка (Зона 2) значительно ниже, чем участков сборных колонн (более, чем в два раза). Данный результат является логичным с учетом параметров армирования стыка, где количество арматуры значительно меньше, чем в сечениях колонны. Характер изменения диаграмм с ростом нагрузки свидетельствует об отсутствии признаков трещинообразования в тяжелом бетоне колонны и мелкозернистом бетоне стыка, характеризующегося резким снижением приведенного модуля деформаций.

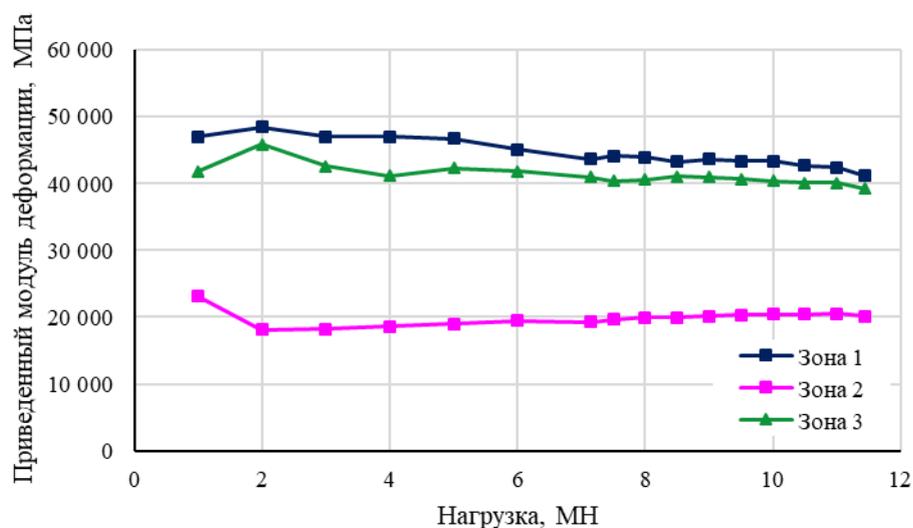


Рисунок 7.5 – Изменение модуля деформаций по зонам колонн с ростом продольного усилия

В соответствии с требованиями Технического задания следует определить продольную жесткость колонны в исследуемых зонах. Жесткость, как правило, это усилие, возникающее в связи при единичном перемещении [8]. Оценку величины продольной жесткости колонны при сжатии проводят по формуле 2.1 с использованием относительных продольных деформаций в исследуемой зоне колонны. При этом приведенная продольная жесткость, определенная для каждой зоны колонны ($D1$, $D2$, и $D3$), будет иметь размерность МН.

$$D = \frac{F}{\varepsilon} \quad (7.1)$$

Где ε – относительные деформации в контрольном сечении.

В результате измерений установлены экспериментальные значения приведенной продольной жёсткости (рисунок 7.6 а) и относительной жесткости (рисунок 7.6 б) по зонам колонн. Установлено, что жесткость в зоне стыка (зона 2) составляет 0.45...0.5 жесткости колонны в зоне 1. Жёсткость колонны в зоне 3 составляет около 2.0 от жесткости колонны в зоне 1 (при соотношении рабочих площадей $\frac{0.75^2}{0.5^2} = 2.24$).

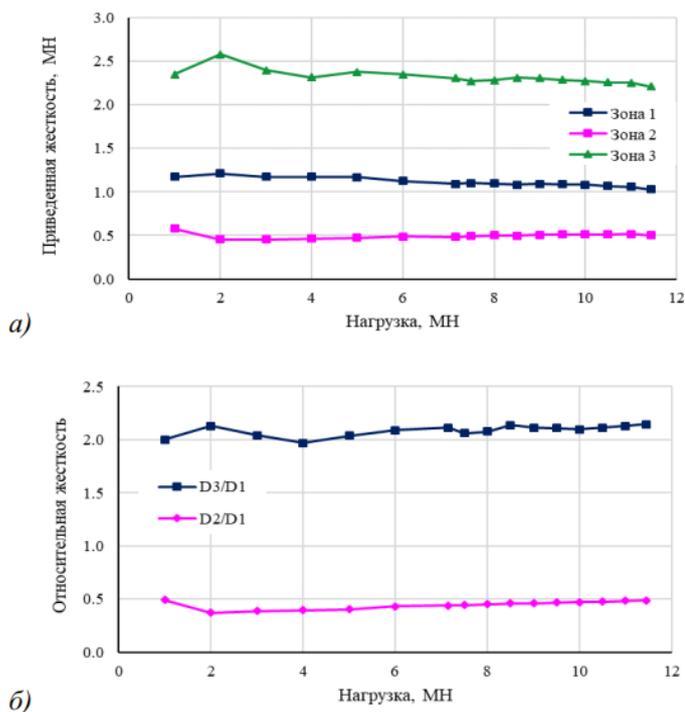


Рисунок 7.6 – Изменение продольной жесткости по зонам колонн с ростом продольного усилия а) абсолютные величины; б) относительные величины

7.3 Оценка и анализ состояния строительных конструкций зданий и сооружений по результатам статических и динамических испытаний.

Оценку продольной жесткости стыка при сжатии проводят по формуле 7.2:

$$D_{ст} = \frac{F}{\Delta} \quad (7.2)$$

Где Δ – абсолютные деформации в стыке, мм.

Абсолютные деформации в стыке определяли с использованием индикаторов, расположенных в зоне стыка. Результаты измерений представлены на диаграмме (рисунок 7.7). Характер изменения диаграммы показывает монотонное увеличение жесткости с ростом продольного усилия, что доказывает отсутствие деструктивных процессов. Увеличение жесткости с ростом нагрузки можно объяснить работой мелкозернистого бетона стыка в «стесненных условиях». Слой бетона толщиной 50 мм располагается между двумя условными штампами, где силы трения препятствуют разрушению бетона. Более того – в опорной части верхнего участка колонны значительную площадь сечения занимают стальные башмаки Reikko.

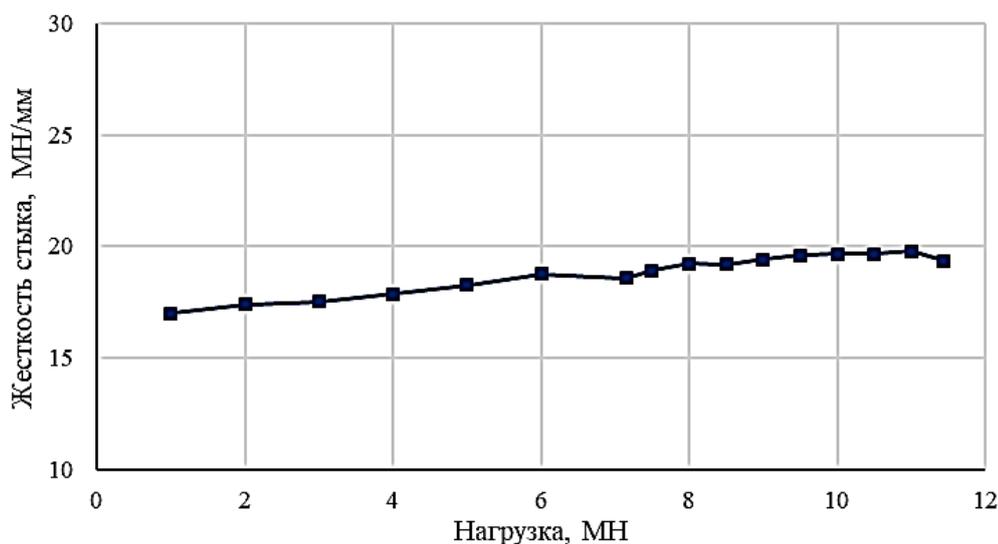


Рисунок 7.7 – Зависимость жесткости стыка от нагрузки

Сводные данные с результатами испытаний представлены в таблице 7.2. Исследуемая колонна соответствует требованиям ГОС 8829 по прочности и трещиностойкости.

Таблица 7.2.

Результаты испытания колонны Кс.1.

| Контрольный параметр | Контрольная величина | Фактическая величина при испытании | Соответствие требованиям ГОСТ 8829-2018 |
|--|----------------------|------------------------------------|---|
| Жесткость стыка при величине нагрузки $N_r = 7.15$ МН | не нормируется | 18.6 МН/мм | не нормируется |
| Ширина раскрытия трещин при величине нагрузки $N_r = 7.15$ МН | 0.25 мм | 0.1 мм | + |
| Несущая способность | 11.44 МН | Более 15 МН | + |

Примечания:
1. Фактическая прочность бетона сборных элементов выше проектной прочности бетона, соответствующей классу В45 (таблица 2.2.1), в результате мощности испытательной установки оказалось недостаточно для нагружения образца до разрушения.

Сводные данные с результатами определения жесткости при различных уровнях нагружения представлены в таблице 7.3. Здесь представлены величины жесткости стыка и колонны, а также относительные показатели продольной жесткости (за 1.0 принята жесткость колонны в зоне 1 - $D1$) в зависимости от уровня нагрузки $\eta = \frac{N}{N_r}$. По результатам измерения установлено, что жесткость колонны в зоне стыка ($D2$) составляет около 40% от жесткости колонны в зоне 1 ($D1$).

Таблица 7.3.

Результаты испытания колонны

| η | Жесткость стыка ($D_{ст}$), МН/мм | Приведенная продольная жесткость при сжатии в зоне 1 ($D1$), МН | Относительная жесткость в исследуемых зонах | |
|--------|-------------------------------------|---|---|-----------------|
| | | | $\frac{D2}{D1}$ | $\frac{D3}{D1}$ |
| 0.4 | 17.8 | 1.188 | 0.4 | 2.0 |
| 0.6 | 17.9 | 1.176 | 0.4 | 2.0 |
| 0.8 | 19.1 | 1.165 | 0.4 | 2.0 |
| 1.0 | 18.6 | 1.092 | 0.4 | 2.1 |

7.4 Критерии оценки результатов испытаний

По результатам испытания колонны с переменным сечением, выполненной по сборной технологии можно сделать следующие основные выводы:

1. Исследуемая колонна соответствует требованиям ГОСТ 8829 по показателям прочности и трещиностойкости. При этом следует отметить вы-

сокую прочность бетона на сжатие (80 МПа при проектном классе бетона В45, что соответствует прочности около 50...55 МПа).

2. В результате испытания не удалось достичь разрушения колонн, т.к. был достигнут предел возможности испытательной машины – 15 МН. При этом не выявлено признаков, предшествующих разрушению (интенсивное трещинообразование, увеличение деформаций быстро натекающей ползучести и прочее).

3. Установлено, что жесткость стыка исследуемой колонны при контрольной нагрузке по деформациям ($N_r = 7.15$ МН) составляет в среднем 18.9 МН/мм.

4. Продольная жесткость колонны в зоне стыка при рассмотренных условиях составляет около 40% от жесткости колонны, сечением 500×500 мм.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

| | |
|--------|--|
| САПР | - Система автоматизированного проектирования |
| СИ | - Средство измерения |
| ГОСТ | - Межгосударственный стандарт |
| ГОСТ Р | - Национальный стандарт Российской Федерации |
| EN | - Евронормы |
| СТО | - Стандарт организации |
| МОВ | - Метод отраженных волн |
| МПВ | - Метод преломленных волн |
| ЭДЗ | - Электроконтактное динамическое зондирование грунта |