

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

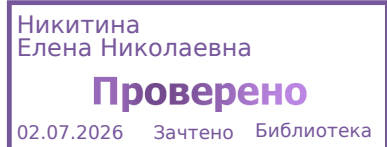
Поздеев Сергей Сергеевич

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ  
КОНТРОЛЯ К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЗДАНИЙ**

Направление подготовки  
08.04.01 – «Строительство»

**АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2026



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет»

Научный руководитель: Дзюба Виктор Александрович  
кандидат технических наук, доцент

Рецензент: Головки Александр Владимирович  
доцент кафедры "Строительные конструкции,  
здания и сооружения" Дальневосточного госу-  
дарственного университета путей сообщения,  
кандидат технических наук.

Защита состоится «18» июня 2026 г. в 12 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КнАГУ» ауд. 212/1.

Автореферат разослан 13 июня 2026 г.

Секретарь ГЭК

И.В. Погорельских

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Целью** диссертационной работы «Применение неразрушающих методов контроля к оценке технического состояния зданий» является изучение современных методов неразрушающего контроля строительных конструкций зданий и сооружений, ознакомление с передовым оборудованием для неразрушающего контроля строительных конструкций и использование полученных знаний для обследования важнейших объектов Хабаровского края.

**Научная новизна работы заключается** в предложении новых методов для проведения обследования несущих и ограждающих конструкций спортивного комплекса «Ерофей» в городе Хабаровске (ультразвуковой метод толщинометрии, геодезический контроль конструкций, спектральный анализ металла, визуальный контроль и поверочный расчет несущих конструкций здания).

### **Практическая ценность**

Настоящая диссертация выполнена в 2024–2026 г. на кафедре «Строительство и архитектура» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Дзюба). Экспериментальная часть работы реализована на базе предприятия ООО «ТехСтандарт» занимающимся экспертизой промышленной безопасности в г. Комсомольск-на-Амуре.

При выполнении работ по обследованию несущих и ограждающих конструкций здания арены «Ерофей» (г. Хабаровск) были получены данные позволяющие повысить достоверность практических рекомендаций по усилению, укреплению и поддержанию нормального состояния несущих и ограждающих конструкций обследуемых зданий.

### **Апробация работы и публикации**

Техническое обследование здания арены «Ерофей» (г. Хабаровск) проводилось автором в 2025 году в составе бригады обследователей компании ООО «ТехСтандарт» (г. Комсомольск-на-Амуре) с использованием новейших

приборов неразрушающего контроля. Автор выражает благодарность сотрудникам компании ООО «ТехСтандарт» за содействие в проведении технического обследования несущих и ограждающих конструкций арены «Ерофей».

### **Объем и структура диссертации**

В диссертационной работе представлены: введение, 3 главы, библиографический список из 50 наименований. Работа отображена на 95 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок, 7 таблицы

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, предмет и объект исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость, апробация результатов.

В **первой главе** «Неразрушающий контроль при обследовании несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений» выполнен обзор и систематизация существующих методов неразрушающего контроля при обследовании несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений. Детально рассмотрены методы неразрушающего контроля: применение, принципы, недостатки и преимущества каждого метода:

1. **Визуально и измерительно контрольный:** Осмотр поверхности объекта невооруженным глазом или с использованием оптических средств (лупы, эндоскопы) для выявления видимых дефектов (трещин, пор, вмятин, отклонений от геометрических размеров). Широко используется для предварительной оценки, а также для контроля качества сварных швов, литья, штамповок.

2. **Капиллярный контроль.** Основан на проникновении специальной жидкости (пенетранта) в поверхностные несплошности (трещины, поры) под действием капиллярных сил. После удаления излишков пенетранта на поверхность наносится проявитель, который вытягивает пенетрант из дефектов,

делая их видимыми. \* Приминение: Для обнаружения поверхностных дефектов в любых непористых материалах (металлы, керамика, пластмассы).

**3. Магнитнопорошковый контроль.** Основан на создании магнитного поля в контролируемом объекте. При наличии поверхностных или подповерхностных дефектов в ферромагнитном материале происходит искажение магнитных силовых линий, что приводит к образованию полюсов рассеяния. Нанесенный на поверхность ферромагнитный порошок концентрируется в зоне дефекта, делая его видимым

**4. Радиационный контроль.** Основан на прохождении ионизирующего излучения (рентгеновского или гамма-излучения) через контролируемый объект. Дефекты, имеющие другую плотность или толщину по сравнению с основным материалом, поглощают излучение по-разному. Изменения интенсивности излучения фиксируются на пленке или цифровом детекторе, создавая теневое изображение дефекта.

**5. Вихртковый контроль.** Основан на возбуждении в электропроводящем материале вихревых токов с помощью электромагнитной индукции. Наличие дефектов, изменение толщины или свойств материала приводит к изменению параметров вихревых токов, которые фиксируются датчиком. Применение: Для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов (трещины, расслоения), измерения толщины покрытий, контроля термической обработки электропроводящих материалов. Преимущества: Высокая чувствительность, бесконтактность, высокая скорость контроля. Недостатки: Применим только для электропроводящих материалов, чувствительность зависит от электромагнитных свойств материала.

**6. Тепловой.** Основан на регистрации теплового поля объекта. Дефекты изменяют теплопроводность материала, что приводит к локальным изменениям температуры на поверхности, которые фиксируются тепловизором. Используется для обнаружения расслоений, непроваров, скрытых коррозионных участков, контроля изоляции.

Детальный обзор показал, что выбор метода неразрушающего контроля зависит от множества факторов: Тип материала: Ферромагнитный, немагнитный, электропроводящий, пористый. Тип ожидаемого дефекта: Поверхностный, внутренний, трещина, пора, непровар. Требуемая чувствительность: Размер минимального обнаруживаемого дефекта. Геометрия объекта: Сложность формы, доступность поверхности. Условия контроля: Температура, окружающая среда. Экономические соображения: Стоимость оборудования, расходных материалов, трудозатраты. Требования нормативной документации: Стандарты, правила и нормы, регулирующие проведение контроля.

**Во второй главе** «Современное оборудование для обследования строительных конструкций методом неразрушающего контроля» представлены такие как: Тахеометр Nikon Nivo 5M- геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний до объектов. Его история связана с развитием технологий измерения и автоматизации геодезических работ. Лазерный спектрометр ЛИЭС - Прибор для анализа металла лазерный портативный анализатор металлов, разработанный в России. Он используется для оперативного определения химического состава металлов и сплавов, идентификации марок сталей, сортировки металлолома, контроля качества металлопродукции и других задач. Механический склерометр ПРОМТ С-225 и Ультразвуковой прибор УКС-МГ4С – Ультразвуковые приборы для определения прочности бетона.

Сделаны выводы что, приборы являются неотъемлемой частью неразрушающего контроля, позволяя проводить исследования эффективно, точно, безопасно и получать достоверную информацию о состоянии объекта без его повреждения

**В третьей главе** «Неразрушающий контроль при обследовании Арены «Ерофей» проведено натурное обследование технического состояния несущих и ограждающих конструкций спорткомплекса Арена «Ерофей» (г. Хаба-

ровск) Был определён конструктив здания. Здание выполнено в каркасном исполнении. Пространственная жесткость конструкций и устойчивость здания в целом в продольном и поперечном направлениях обеспечены за счет заземления колонн в фундаментах, вертикальными и горизонтальными связями и распорками в уровне ферм. Дополнительно жесткость обеспечивают монолитные железобетонные перекрытия. Фундаменты под колонны выполнены в виде отдельно стоящих свайных ростверков, поверх которых устроена монолитная плита из бетона кл. В25. Сваи забивные железобетонные квадратного сечения 300x300 мм и длиной от 10,0 до 16,0 м. Стены подвала выполнены из монолитного железобетона кл. В25 с отм. -5,900 до -0,150. Несущие колонны выполнены в виде металлических двутавров как в прокатном, так и в составном исполнении. Крепление колонн к фундаментам осуществляется с помощью анкерных болтов. В продольном и поперечном направлениях между колоннами установлены вертикальные связи из квадратных труб различного сечения. Административно-производственные помещения, расположенные по периметру здания, разделены на 5 этажей: отм. -5,400, 0,000, +4,500, +9,900, +13,500. Конструкции перекрытия выполнены системой металлических балок, соединенных шарнирно болтами М10.9S 8-56ХЛ.

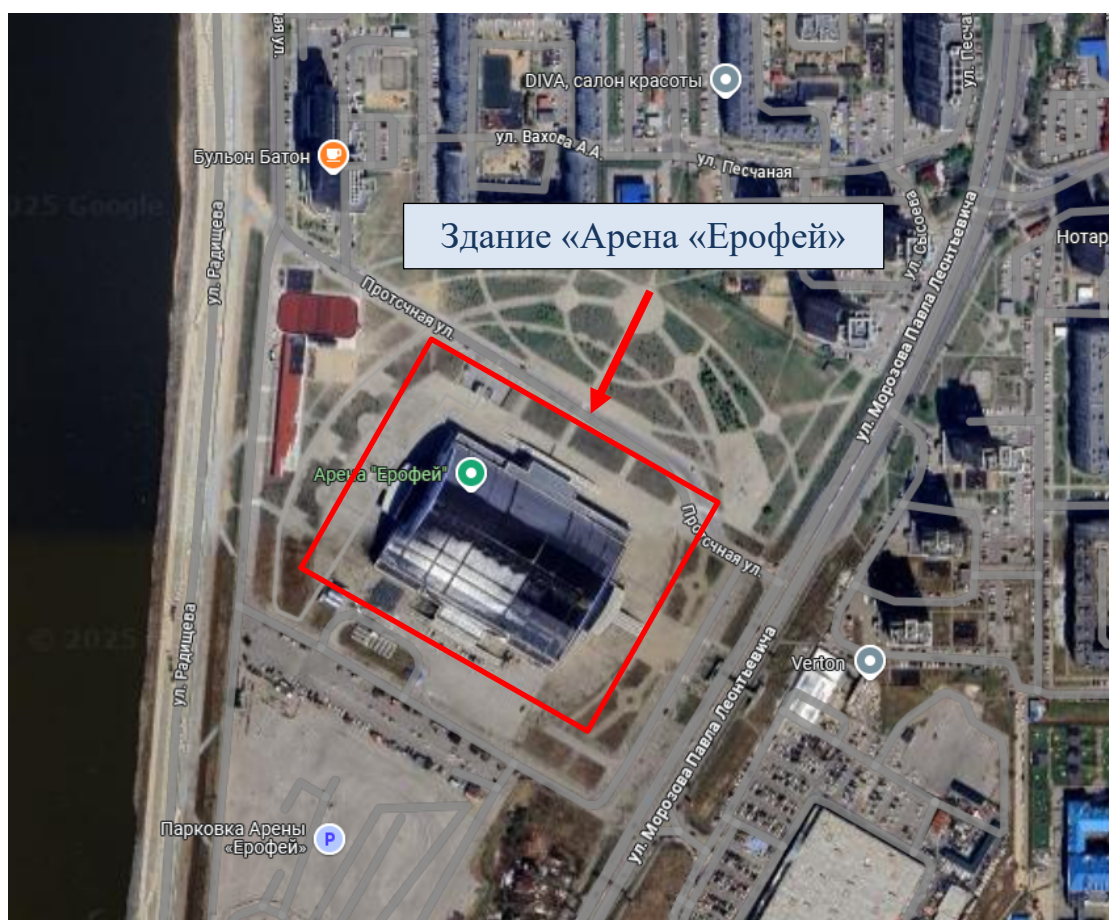


Рисунок 1 – Общее фото объекта обследования (фото со спутника).



Рисунок 2 – Общее фото здания со стороны фасада.



Рисунок 3 – Металлический каркас здания Арены «Ерофей»

Несущими конструкциями покрытия арены выступают металлические пространственные арки высотой 2,0 м. Арки состоят из двух параллельно установленных плоских рам, соединенных между собой перемычками из труб квадратного сечения 200x6 мм. Арка состоящий из 10 сегментов аналогичного исполнения, соединенных между собой высокопрочными болтами М10.9S 8-56ХЛ. Общая длина арки (величина пролета здания) составляет 99,0 м. Каждый сегмент представляет собой плоскую решетчатую раму, состоящую из труб квадратного сечения (верхний и нижний пояса – 250x9,0 мм) и системы диагональных раскосов выполнена из квадратных труб сечением 160x5,0 мм. Затяжка арок выполнена из труб квадратного сечения 250x12,0 мм, соединенных по всей длине жестко с помощью сварки. Соединение арок с затяжкой выполнено через стальные подвесы Ø36 мм в количестве 16 шт. (2 в ряда). Крепление затяжек к опорному узлу арки выполнено с помощью болтов М10.9S 8-56ХЛ в количестве 80 шт. (2 в ряда). Пространственную жесткость конструкции покрытия обеспечивают вертикальные связи, а также горизонтальные связи и распорки, установленные в уровне верхнего и нижнего поясов арок. Крепление вертикальных связей, распорок и горизонтальных связей осуществляется на болтах М10.9S 8-56ХЛ. Все конструкции покрытия выполнены из стали марки С345-3. Опирание арок на колонны жест-



Рисунок 4– Общий вид стенового фахверка по оси 1.

Произведено ультразвуковое обследование конструкций. При проведении контроля градуировочную зависимость, согласно ГОСТ 17624-2021, устанавливают по единичным значениям скорости ультразвука и прочности бетона одних и тех же участков конструкций. При этом за единичное значение скорости ультразвука принимают среднее значение скорости ультразвука в участке. За единичное значение прочности бетона принимают прочность бетона участка, определяемую методом «отрыв со скалыванием» по ГОСТ 22690-2015. Отрыв со скалыванием выполнен прибором ПОС-50МГ4. Ультразвуковой контроль - твердомером УК 1401. Число единичных значений для построения градуировочной зависимости по результатам испытаний прочности бетона в конструкциях следует принимать не менее 12.

Градуировочная зависимость определяется по формуле:

$$R_v = aV + b$$

где  $R_v$  – прочность бетона, МПа;

$V$  – скорость ультразвука, м/с;

$a$  и  $b$  – коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n [(R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})(V_i - \bar{V})]}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}$$

$$b = \bar{R}_{\phi} - a\bar{V}$$

где  $R_{\phi i}$  - прочность бетона в  $i$ -м участке, определенная путем испытания прямым неразрушающим методом (отрыв со скалыванием), МПа;

$V_i$  - косвенная характеристика в  $i$ -м участке;

$n$  - количество участков, использовавшихся для построения градуировочной зависимости.

Среднее значение прочности бетона и косвенной характеристики рассчитывают по формулам:

$$\overline{R_{\phi}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{\phi i}}{n}$$

$$\overline{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

После построения градуировочной зависимости по формуле (Д5) проводят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{|R_{Vi} - R_{\phi i}|}{S} \leq 2$$

где  $R_{Vi}$  - прочность бетона в  $i$ -м участке, определенная по рассматриваемой градуировочной зависимости;

$S$  - остаточное среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по формуле

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

где  $R_{\phi i}$  - прочность бетона в  $i$ -м участке, определенная путем испытания прямым неразрушающим методом (отрыв со скалыванием), МПа.

В соответствии с п. 6.1.4 ГОСТ 17624-2021 допускается строить одну градуировочную зависимость для бетонов одного вида, отличающихся по номинальному составу и значению нормируемой прочности, но не более трех соседних нормированных классов основного параметрического ряда по ГОСТ 26633-2015. При этом значение прочности бетона, определенное с использованием градуировочной зависимости, установленной для бетона, отличающегося от испытываемого, рассчитывают по формуле

$$R_i = b + R_{Vi}$$

где  $R_{Vi}$  - значение прочности, получаемое по используемой градуировочной зависимости;

$b$  - коэффициент, рассчитываемый по формуле

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{\phi i} - R_{Vi})}{n}$$

где  $R_{\phi i}$  - прочность бетона в  $i$ -м участке, определенная путем испытания прямым неразрушающим методом (отрыв со скалыванием), МПа.

$n$  - количество участков испытаний, принимаемое не менее 3.

Применение формулы (Д.8) допустимо при соблюдении условия

$$0,85 \leq \frac{R_{\phi i}}{R_i} \leq 1,15$$

Перед проведением поверхностного прозвучивания бетона для получения косвенных показателей его прочности, необходимо на каждом участке выполнить определение расположения арматуры и её диаметра по ГОСТ 22904-93. Определение толщины защитного слоя бетона и расположения арматурных стержней выполнялось измерителем толщины защитного слоя бетона Profoscope. В качестве градуировочных зависимостей приняты значения,

полученные ранее на объекте с аналогичным температурно-влажностным режимом. Цикл измерений при ультразвуковом методе контроля в одной зоне состоит из 10 замеров. В каждой зоне определяем среднюю прочность конструкции, вычисленную как среднеарифметическое значение прочности контролируемого участка конструкции.

Расстояние между местами испытаний составляет не менее 15 мм. Толщина конструкций при проведении испытаний составляла не менее 50 мм. В результате контроля установлен фактический класс бетона наружных стен подвала (B25) Отклонений от требований проектной документации не выявлено.

**Выполнен ультразвуковой метод толщинометрии.** Контроль толщины металлических элементов конструкции здания производился в доступных местах. Места контроля были предварительно зачищены углошлифовальной машиной от огнезащитного покрытия до металлического блеска.

Для конструкций, на которых был произведен контроль толщины металла, необходимо восстановить огнезащитное покрытие в рамках выполнения работ по ведомостям объемов работ, предоставленных специализированной организацией, выполнявшей обследование огнезащитного покрытия всех конструкций здания.

Полученные результаты учтены при выполнении поверочного расчета.

В результате контроля определены минимальные толщины элементов металлических конструкций здания. Максимальное утонений элементов составляет:

- колонны - 4,9 %;
- балки перекрытия – 9,3 %;
- несущие конструкции покрытия – 8,2 %;

- вертикальные связи – 8,5 %;
- элементы фахверка - 4,6 %.

Выявленные утонения не являются следствием коррозионного поражения.

**Определен твердость и химический состава металлоконструкций.**  
Допустимое значение твердости для сталей марок С345 согласно требованиям «Марочника сталей и сплавов (под ред. заслуженного деятеля науки РФ, д-ра техн. наук, проф. А.С. Зубченко) 2-е издание переработанное и дополненное». М. 2003г. находится в пределах 120...180 НВ по Бринеллю.

Определение химического состава металлических строительных конструкций произведено в соответствии с инструкцией, указанной в руководстве по эксплуатации ЛИС01.092021-РЭ.

В ходе работ измеряется массовая доля химических элементов в металлах.

Измерение твердости и определение марки стали проводились в тех же точках, в которых проводился контроль толщины.

В результате контроля определены марки стали примененных металлоконструкций.

В результате контроля твердости металла установлено, что полученные значения находятся в допустимых пределах для стали марок С345 (НВ=128÷164).



Рисунок 5 и рисунок 6– Проведение контроля по определению химического состава элементов

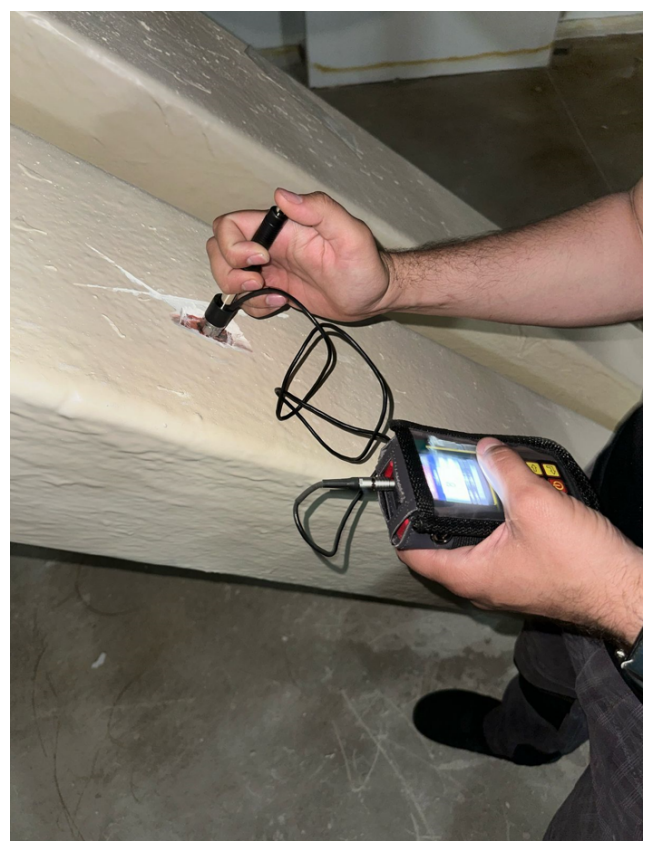


Рисунок 3.5.3 и рисунок 3.5.4 – Проведение контроля по определению твердости элементов

В результате контроля установлено, что фактическая марка стали металлических конструкций здания отвечает требованиям проектной документации.

Произведен **Геодезический контроль конструкций**. Выполнен геодезический контроль по определению отклонения колонн от вертикали. Контроль крена колонн производился по их видимой части с отм. +10,000 до +13,500 и далее интерполировался на всю высоту от монтажного стыка колонн на отм. +5,700. Результаты контроля представлены в таблице 3.6.1.

Ввиду отсутствия нормативной документации, регламентирующей допустимые значения крена для действующих зданий и сооружений, для определения допуска приняты СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», применяемые для нового строительства.

Допустимые значения отклонения колонн от вертикали согласно п.4 табл. 6.1 СП 70.13330.2012 для колонн высотой от 8,0 м до 16,0 составляет от 25,0 до 30,0 мм.

Контроль прогибов затяжек арок выполнялся по всей длине между опорными участками. Результаты контроля представлены в таблице 3.6.2

Допустимые значения прогибов согласно п. 2а таблицы Д.1 Приложения Д СП 20.13330.2016 для конструкций длиной  $l > 36,0$  м составляет  $l/300$ .

В результате контроля крена колонн выявлены превышения допустимых значений, установленных СП 70.13330.2012. Ввиду отсутствия исполни-

тельной документации, выявленные отклонения не могут считаться критическими и, вероятнее всего, указывают на дефект монтажа.

Полученные значения необходимо использовать для сравнительного анализа при последующих обследованиях.

Прогибы затяжек арок находятся в пределах допустимых значений (п. 2а таблицы 5 Приложения Д СП 20.13.330.2016). Наибольшие прогибы наблюдается на центральных арках, наиболее часто используемых для подвешивания осветительного и звукового оборудования, а также телевизионных экранов.

Полученные значения использованы при проведении поверочного расчета.

#### **Был выполнен поверочный расчет.**

Поверочный расчет по несущей способности и устойчивости существующих конструкций выполнен с учетом существующих нагрузок. Поверочный расчет был выполнен в программном комплексе «ЛИРА-САПР 2022 PRO».

Объект – металлический каркас

Для расчета были выбраны наиболее нагруженные пролеты с учетом нагрузки от осветительного и звукового оборудования, используемого при проведении различных мероприятий (спортивные события, концерты, фестивали).

Основная часть нагрузок от собственного веса конструкций сгенерирована в автоматическом режиме в ПК Лира-САПР при формировании расчетной схемы на основании имеющихся данных о плотности материалов и заданных сечений конструктивных несущих элементов расчетной схемы, нагрузки от веса ограждающих конструкций наружных и внутренних стен

сгенерированы в автоматическом режиме на этапе формирования расчетной схемы в предпроцессоре ПК Лира-САПР – САПФИР.

Таблица 1 – Сбор нагрузок от покрытия.

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативная нагрузка, т/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчетная нагрузка, т/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
<b>Конструкции покрытия</b>				
1.	1 слой полимерной мембраны LOGICROOF RP фирмы «Технониколь»	0,0025	1,2	0,003
2.	Утеплитель «Техноплекс 35» по ТУ 2244-047-17925162-2006 – 20 мм.	0,00029	1,2	0,0003
3.	Утеплитель – теплоизоляционные плиты марки «Базалит ПТ-175» ТУ 5769-017-00287220-2005-160 мм.	0,016	1,2	0,019
4	Пароизоляция – 1 слой техноэласта Типа П по ТУ 5774-003-00287852-99	0,005	1,2	0,006
5	Проф. Настил Н75-750-0,9 ГОСТ24045-94	0,011	1,2	0,013
	Итого:	0,035		0,041

Объект расчета расположен в г. Хабаровск. Согласно приложению Е, карте 1, СП 20.13330.2016 данный город находится в III снеговом районе.

Величина снеговой нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  определялась по данным СП 20.1333.2016 «Нагрузки и воздействия» табл.10.1, СП 20.13330.2016:

$$S_o = c_e c_t \mu S_g = 1,20 \text{ кПа (Нормативная)}$$

С учетом расчетного коэффициента  $\gamma_f = 1,4$ , величина расчетной нагрузки составит:

$$S_{o,p} = 1,68 \text{ кПа (Расчетная)}$$

Для расчета были приняты максимально неблагоприятные нагрузки от подвешенного оборудования на элементы покрытия, а также нагрузка от проходных мостиков и людей на них.

Расчет всех конструкций производится по двум группам предельных состояний (с учетом требований к стальным конструкциям).

Для получения наиболее точных значений внутренних усилий в элементах несущих конструкций необходимо выполнить расчет, как единой пространственной системы методом конечных элементов в ПК «ЛИРА-САПР 2022 PRO».

Целью пространственного расчета является:

1. Определение усилий, возникающих в элементах конструкции с учетом сейсмических воздействий.
2. Проверка заданных сечений стальных конструкций по предельным состояниям. Для расчета и анализа работы конструкций в ПК Лира-САПР 2022 PRO была создана аналитическая модель, описывающая все физические и геометрические параметры рассчитываемого здания.

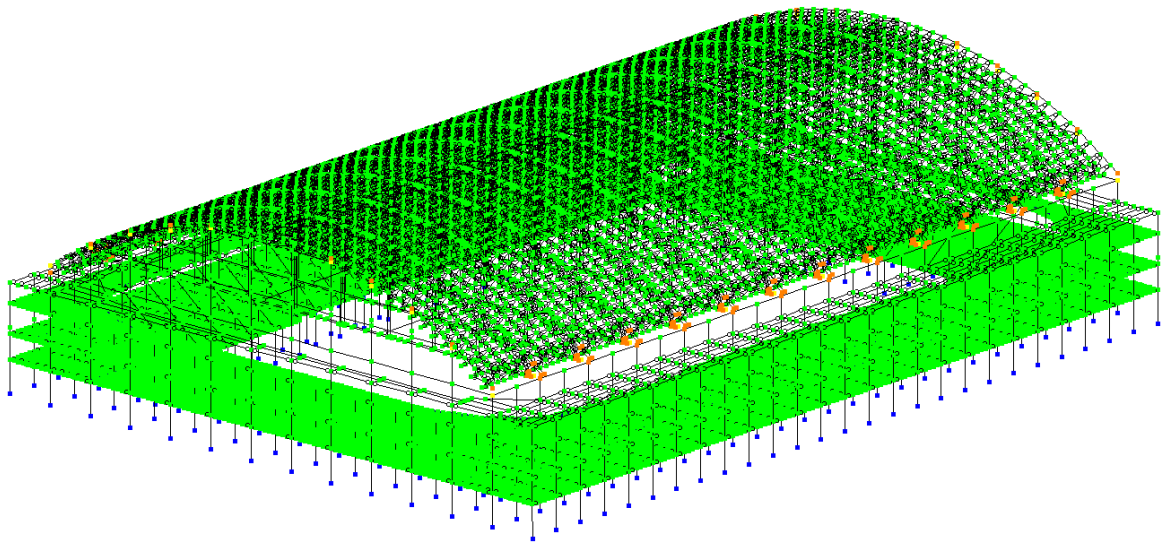


Рисунок 6 – Расчетная схема.

В качестве материалов несущих элементов приняты:

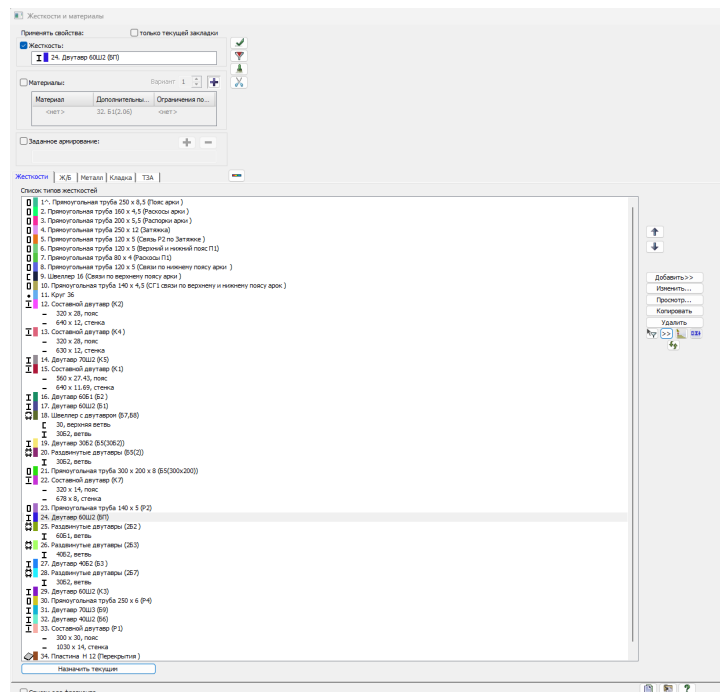


Рисунок 7 – Сечения элементов.

Для пространственного расчета конструкции здания были сформированы загрузки, в скобках указан вид нагрузки, влияющий на коэффициенты РСУ в соответствии с требованиями СП20.13330.2016:

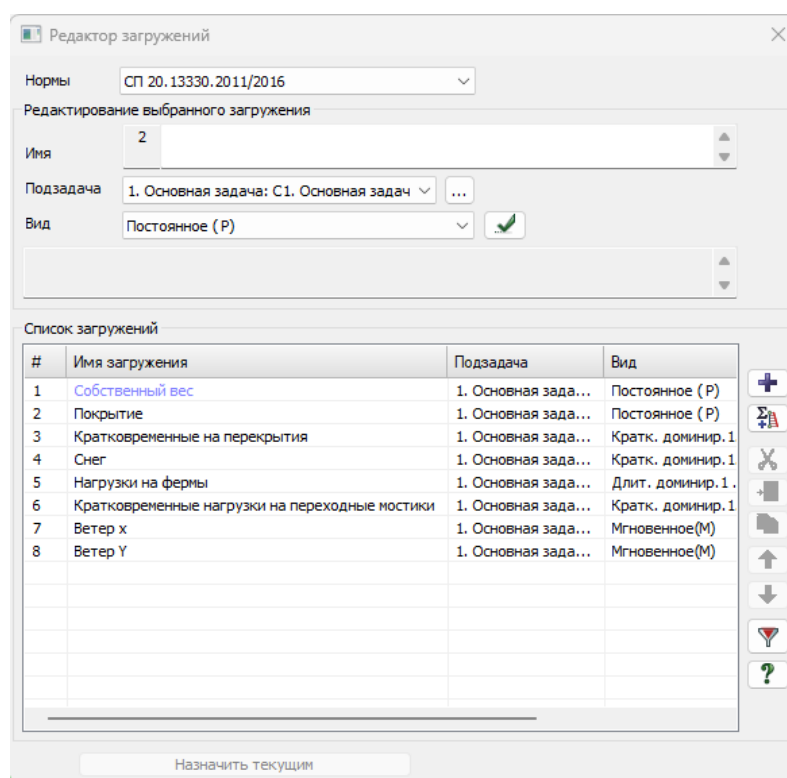


Рисунок 3.7.3 – Редактор загрузений.

Схемы приложения нагрузок представлены на рисунках 3.7.4 - 3.7.11 в третьей главе диссертационной работы.:

По данным расчета был сделан вывод: По данным мозаик результатов, значения не превышают 100 %. Поперечные сечения элементов конструкций покрытия здания обеспечивают местную устойчивость и несущую способность.

**Определен остаточный ресурс здания**

Оценка надежности строительных конструкций при эксплуатации производилась на основе имеющихся в них повреждений, установленных на основе визуального обследования в соответствии с «Рекомендациями по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам ЦНИИПРОМЗДАНИЙ М. 2001г».

Объект экспертизы, на основании ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» п. 10, относится к зданиям и сооружениям II уровня ответственности (нормальный).

На момент проведения экспертизы, срок эксплуатации здания составил 12 лет (срок сдачи в эксплуатацию – 2013 г.).

Общая оценка поврежденности здания производится по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – коэффициент значимости конструктивных элементов;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  – максимальная величина повреждений отдельных видов конструкций.

Согласно «Рекомендациям по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам ЦНИИПРОМЗДАНИЙ М. 2001 г.» принимаем для здания:

- фундаменты  $\alpha = 3$ ;
- колонны  $\alpha = 8$ ;
- арки  $\alpha = 7$ ;
- плиты перекрытия  $\alpha = 2$ ;
- балки перекрытия/покрытия  $\alpha = 3$ ;

- для других видов конструкций  $\alpha = 2$ .

Относительная оценка надежности здания или сооружения производится по формуле:

$$\varepsilon = 1 - \gamma$$

Величину повреждений строительных конструкций через  $t$  лет её эксплуатации определяют по формуле:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}$$

где  $\lambda$  - постоянная износа, определяемая по данным обследования;

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t_{\varphi}}$$

$y$  – относительная надежность, определяемая по категории технического состояния конструкции в зависимости от повреждений;

$t_{\varphi}$  – срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Срок эксплуатации конструкций до капитального ремонта определяется по формуле:

$$t = \frac{0,16}{\lambda}$$

где  $\lambda$  - постоянная износа.

Срок эксплуатации конструкций до аварийного состояния определяется по формуле:

$$t_a = \frac{0,22}{\lambda}$$

Таким образом остаточный ресурс ( $O_p$ ) определяется по формуле:

$$(O_p) = t_a - t_{\varphi}$$

При оценке величин повреждений учитывают их максимальную величину, так как авария здания (сооружения) происходит из-за наличия критического дефекта в отдельно взятой конструкции.

Максимальная поврежденность элементов строительных конструкций здания:  $\varepsilon = 0,08$ . техническое состояние здания в целом может быть отнесено ко второй категории: удовлетворительное, работоспособное состояние.

Результаты показали, что остаточный эксплуатационный ресурс строительных конструкций здания составляет не менее 10 лет от даты проведения обследования.

Составлена **дефектная ведомость**. (стр. 77 магистерской диссертации), где были обозначены дефекты и рекомендации по их устранению.

## **Выводы по диссертации**

Исследования магистерской диссертации на тему «Применение неразрушающих методов контроля к оценке технического состояния зданий» позволяют сделать следующие выводы:

1. Важнейшая функция НК – обеспечение безопасности объектов, работающих под нагрузкой или в экстремальных условиях. Своевременное обнаружение дефектов минимизирует риски техногенных катастроф и сохраняет жизни людей.

2. Арсенал методов неразрушающего контроля включает визуальный, ультразвуковой, радиографический, магнитопорошковый, капиллярный и вихретоковый контроль – каждый из них адаптирован к специфике материала, типа дефекта и задачи. Эффективность применения напрямую зависит от квалификации специалистов: их образования, аттестации и практического опыта.

3. Неразрушающий контроль при обследовании железобетонных конструкций представляет собой строго регламентированную систему методов, основанную на межгосударственных и национальных стандартах. Комплексное применение ультразвуковых, механических, магнитных и электромагнитных методов позволяет с высокой достоверностью оценить фактические эксплуатационные характеристики конструкций без их разрушения. Современное приборное обеспечение дает возможность получать количественные данные о прочности бетона, параметрах армирования и наличии скрытых дефектов, формируя надежную основу для принятия технически и экономически обоснованных решений о дальнейшей эксплуатации, ремонте или усилении строительных объектов.

4. В результате визуального и измерительного контроля обнаружены дефекты, требующие устранения, но не влияющие на несущую способность конструкций здания и его дальнейшую безопасную эксплуатацию.

5. Выполнена предварительная оценка технического состояния строительных конструкций на основе степени повреждений и характерных признаков дефектов.

6. По результатам контроля параметров эксплуатационной среды установлен ее неагрессивный характер воздействия на строительные конструкции здания. Дополнительных мер по защите строительных конструкций от коррозии не требуется. Необходимо выполнить восстановление огнезащитного покрытия металлических конструкций на поврежденных участках.

7. Произведен сбор всех действующих эксплуатационных нагрузок как длительного, так и временного характера воздействия, в т.ч. от осветительного и звукового оборудования, монтируемого для проведения мероприятий (спортивные мероприятия, концерты, фестивали и т.п.) для последующего выполнения поверочного расчета.

8. Таким образом, неразрушающий контроль является строго регламентированной и динамично развивающейся областью, обеспечивающей безопасность и долговечность железобетонных конструкций. От классических методов определения прочности бетона и параметров арматуры отрасль движется к комплексным системам интеллектуального мониторинга и цифровых двойников. Этот переход от реактивного ремонта к предиктивному обслуживанию, основанному на данных, кардинально меняет философию управления инфраструктурой, минимизируя риски катастрофических отказов и оптимизации

## **Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:**

1 С. С. Поздеев, В. А. Дзюба / Методы неразрушающего контроля // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства, кадастров и техносферной безопасности в начале III тысячелетия : Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 16–18 декабря 2024 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2025. – С. 148-150. – EDN XOTARD.

2 С. С. Поздеев, В. А. Дзюба / Применение методов неразрушающего контроля к оценке технического состояния зданий // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования Комсомольского-на-Амуре государственного университета, Комсомольск-на-Амуре, 07–08 октября 2025 года. Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2025. – С. 383-386. – EDN KPREQZ.

3 С.С. Поздеев Дзюба В.А. Использование методов неразрушающего контроля при обследовании железобетонных конструкций // Строительство и техносферная безопасность. – 2025. – № 3. – С. 45–52.