

*Бобровская Анна Сергеевна, магистрант,*

*Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет*

*(Сибстрин)*

*Титов Михаил Михайлович, д-р. техн. наук, доцент*

*Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет*

*(Сибстрин)*

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы методов оценки надежности бетонных конструкций, изготовленных в зимнее время с целью введения в нормативный оборот данного понятия и гармонизации отечественной нормативной документации с европейскими нормами.

**Ключевые слова:** понятие надежности, монолитное строительство, нормативная литература, железобетонные конструкции, способы оценки надежности.

**Annotation:** The article discusses the methods of assessing the reliability of concrete structures made in winter with the aim of introducing this concept into the normative circulation and harmonizing domestic regulatory documents with European standards.

**Keywords:** reliability, monolithic construction, regulatory literature, reinforced concrete structures, methods for assessing reliability.

Монолитное строительство набирает все большую популярность при возведении зданий в России. Так, в первую очередь, конструкции из

монолитного железобетона должны отвечать требованиям по прочности и долговечности.

В европейской и мировой нормативной документации в области строительства широко применяются понятия прочности, долговечности и других нормативных показателей [12; 13]. Однако в последнее время наиболее важным считается понятие надежности строительных конструкций и надежности технологии изготовления качественных конструкций.

В отечественной научной литературе в области строительства понятие надежности технологии изготовления конструкций практически отсутствует, что затрудняет использование европейских норм в практике отечественного строительства и отечественных строителей за рубежом. Для цели гармонизации отечественных и европейских норм необходима разработка предложений по оценке надежности бетонных конструкций, изготовленных в зимнее время.

Исследованию вопроса обеспечения качества строительства, совершенствования организационно-технологических процессов возведения монолитных зданий с целью повышения их эффективности и качества посвятили свои работы: С.С. Атаев, А.А. Афанасьев, Г.М. Бадьин, А.Х. Байбурин, А.Г. Бублиевский, В.С. Изотов, В.Ф. Коровяков, В.С. Котельников, А.А. Лapidус и др. Значительный вклад в развитие теории надежности строительных конструкций внесли: Г. Аугусти, А. Баратта, В.В. Болотин, А.П. Булычев, П.Л. Визир, Б.В. Гнеденко, Т.В. Дружинин, К. Капур, Ф. Кашиати, А.П. Кудзис, Л. Ламберсон, И.В. Лебедева, В.А. Отставнов, А.В. Перельмутер, В.Д. Райзер, А.Р. Ржаницын, А.Г. Ройтман, Н.Н. Складнев, Б.И. Снарксис, Ю.Д. Сухов, Г.С. Шульман и др.

#### Постановка задачи

Вопрос повышения надежности строительных конструкций должен стоять одним из первых в строительстве. Любое здание или сооружение должно отвечать определенным требованиям (техническим, экономическим, экологическим и т.п.). Поэтому о состоянии уже существующего объекта

можно судить по тому, насколько он соответствует предъявляемым к нему требованиям. В основе такой оценки лежит теория надежности.

Надёжность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Долговечность — свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

Однако проследить надежность еще только строящегося здания довольно непросто в связи с отсутствием общепризнанных методов и подходов к её определению. Нет четкой документации или инструкции, которая могла бы уже на этапе строительства помочь проконтролировать надежность отдельных конструкций и всего здания в целом. Существующие ГОСТы по бетонам не могут в полной мере решить этот вопрос [2; 5; 6; 7; 8], да он и не ставился ранее.

Тенденция роста интереса к изучению вопроса надежности, её сохранения и увеличения прослеживается на протяжении последних 10—15 лет.

Но как эту надежность можно увидеть, в чем измерить? Анализ направлен именно на поиск смысла этого понятия и количественной оценки параметра надежности.

#### Теоретическое исследование

Основы теории надежности строительных конструкций наиболее фундаментально разработаны и изложены в работах В.В. Болотина и А.Р. Ржаницына.

В.В.Болотин предложил метод условных функций надежности для случая, когда стохастические (случайные) свойства систем характеризуются конечным числом параметров, характеризующих прочность материала, начальные дефекты изготовления, нагрузки и воздействия [15].

При вычислении функции надежности используются различные методы. Наиболее известные – это метод Монте-Карло и численно-аналитический метод [7; 8].

Исайкин А.Я. в своей докторской диссертации описывает два разработанных метода оценки надежности железобетонных конструкций [10]:

- 1) логико-вероятностный метод (ЛВМ);
- 2) логико-вероятностный метод предельного равновесия (ЛВМПР).

ЛВМПР реализован в виде программы ЭВМ, позволяющей проводить вероятностные расчеты железобетонных конструкций и систем «грунт-свай-ростверк», «основание-фундамент», «свайное основание-сооружение».

С помощью ЛВМ выполнен теоретический анализ влияния на надежность стержневых железобетонных конструкций степени их статической неопределимости, схемы загрузки, положения пластических шарниров и вероятность их реализации.

С помощью ЛВМПР выполнена оценка надежности статически неопределимых железобетонных балок и рам, плит, оболочек, конструкций, усиленных при помощи изменения конструктивной схемы (подвесы, упругие опоры, шпренгельные затяжки), различных видов систем «основание-сооружение».

Главное отличие ЛВМ от ЛВМПР состоит в том, что в ЛВМ рассматриваются вероятности отказов (вероятности образования пластических шарниров) отдельных сечений, а в ЛВМПР вычисляются вероятности разрушения конструкции по отдельным схемам (кинематическим механизмам).

ЛВМ лучше использовать для теоретических исследований, а ЛВМПР более пригоден для практики.

Так же существует автоматизированный способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надежности [1; 11].

Способ включает в себя установку конструкции на стенде, закреплении ее концов согласно условиям эксплуатации, измерении основной частоты и

быстроты затухания свободных колебаний и сопоставлении их с соответствующими динамическими параметрами, полученными для эталонной конструкции. Затем производится статистическая обработка полученных параметров контроля на основе малой выборки (за 1 смену) и совокупности с учетом оценивания изменчивости параметра за определенный период наблюдений (1 месяц). Далее выполняется расчет по основной программе оценки надежности конструкции, результаты расчета являются основанием для приемки указанных изделий по требованиям прочности, жесткости, трещиностойкости.

В статье Махровой О.В. и Гераськина Ю.В. дано процентное соотношение основных факторов, негативно влияющих на эксплуатационную надежность сооружений [14].

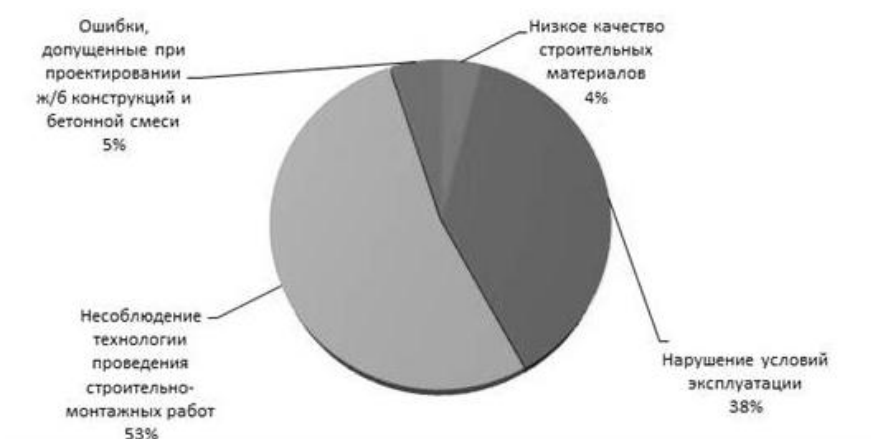


Рис. 1 Совокупность факторов снижения эксплуатационной надежности объекта недвижимости

По итогам рисунка 1, можно сказать, что несоблюдение технологии проведения строительно-монтажных работ в фазе строительства является совокупностью факторов, негативно влияющих на эксплуатационную надежность объектов недвижимости, и составляют 53% от общего числа возможных факторов.

Также 38 % от общего числа составляют факторы фазы эксплуатации, где несоблюдение основных требований технического обслуживания здания, а

также правил проведения текущего и капитального ремонта снижают эксплуатационную надежность зданий.

Факторы, которые могут возникнуть и повлиять на эксплуатационную надежность на фазе проектирования составляют 5%. Данный показатель на первый взгляд невелик, но ошибки, допущенные на первой фазе приведут к негативным последствиям на двух последующих, что также усугубит техническое состояние монолитного строительства и в конечном счете не сможет в полной мере отвечать эксплуатационной надежности.

Болотова А.С. предлагает разработанную ей критериальную базу, в которой предусмотрен анализ вероятности наступления определенных нежелательных событий (отказов) и оценка влияния данных событий на достижение целей проекта (срок, стоимость, качество) [3; 4]. С помощью метода экспертных оценок количественно определено влияние данных факторов на ОТН (организационно-технологическая надежность) объекта монолитного строительства. Результаты анализа позволяют оперативно оценить критичность выявленных нарушений, выполнить их ранжирование, вносить корректирующие действия в процесс организации производства. Информация, представленная в базе, помогает оперативно найти оптимальное технологическое решение, положительным образом сказывающееся на экономии времени.

Для оценки структурной безопасности уже забетонированных железобетонных элементов применяется значение индекса надежности, который рассчитывают с помощью моделирования в Монте-Карло [16; 17; 18].

Теория надёжности останется как в ближайшей, так и в отдаленной перспективе основной для прикладных методов расчёта и для разработки норм проектирования, расчёта и эксплуатации систем.

Эта теория находится на стыке механики и ряда разделов прикладной математики и информатики: математической статистики, теории принятия решений, технической диагностики.

Заключение

Проблема надежности конструкций, зданий, сооружений и их элементов охватывает широкий круг вопросов, которые рассматриваются строительной наукой. Но далеко не все вопросы надежности изучены и раскрыты в должной мере.

Так, на строительное производство оказывает большое влияние климатические условия. В Сибири, где отрицательные температуры наблюдаются на протяжении 7 месяцев в году, необходим свой особый подход в определение надежности конструкций, забетонированных в зимнее время. Он должен отличаться от определения надежности бетонных конструкций, изготовленных в летний период, на заводах ЖБИ и т.д.

Таким образом, тема является не просто актуальной, а злободневной для изучения, особенно с точки зрения технологии.

#### **Библиографический список:**

1. Акимов П.А., Золотов А.Б. Численно-аналитический метод расчета строительных конструкций: перспективы развития и сопоставления // Сапр и графики. - 2005. - №1. - С. 78-82.

2. Анфёров В. Н., Васильев С. И., Кузнецов С. М Надежность технических систем: учебное пособие. - Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2018. - 108 с.

3. Болотова А.С. Повышение организационно-технологической надежности монолитного строительства: автореф. дис. ... канд техн наук: 05.02.22. - м, 2017. - 21 с.

4. Болотова А.С. Формирование модели базы данных для повышения организационно-технологической надежности монолитного строительства // Вестник МГСУ. - 2017. - №Т. 12. Вып. 9 (108). - С. 1061–1069.

5. ГОСТ 12730.0-78. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости. - М.: Стандартинформ, 2007. - 3 с.

6. ГОСТ 13015-2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. - М.: Стандартинформ, 2014. - 44 с.

7. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. - М.: Стандартинформ, 2012. - 16 с.

8. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2015. - 22 с.

9. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике. Вводный курс. - СПб: Невский диалект, 2009. - 192 с.

10. Исайкин А.Я. Оценка надежности статически неопределимых железобетонных конструкций на основе метода предельного равновесия: автореф. дис. ... д-р техн наук: 05.23.01. - М, 2000. - 48 с.

11. Коваленко Г.В., Люблинский В.А., Дудина И.В. Автоматизированный способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надежности: патент – Братск, 2015. - 2 с.

12. НСР ЕН 1990-2011 ЕВРОКОД 0: Основы проектирования сооружений // srogen.ru URL: [https://www.srogen.ru/upload/files/doc/proekt\\_snip/15\\_EN\\_1990.pdf](https://www.srogen.ru/upload/files/doc/proekt_snip/15_EN_1990.pdf) (дата обращения: 01.07.2019).

13. ЕН 206-1. БЕТОН Часть 1: Общие технические требования, производство и контроль качества // stroytec.ru URL: [https://stroytec.ru/uploads/gost/beton/EN\\_206-1.pdf](https://stroytec.ru/uploads/gost/beton/EN_206-1.pdf) (дата обращения: 01.07.2019).

14. Махрова О.В., Гераськин Ю.М. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность конструкций из монолитного железобетона // Universum: Технические науки . - 2018. - №3(48). - С. 58-63.

15. Рязанский А.О. Вероятностная оценка качества строительных конструкций на примере железобетонных сегментных ферм: автореф. дис. ... канд техн наук: 05.23.01. - Иваново, 1997. - 16 с.

16. Свинцов А.П., Панин О.В. Надежность технологической системы возведения монолитных железобетонных стен // Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. - 2011. - С. 41-47.



17. Fabio Costa Magalhaes, Mauro de Vasconcellos, Luiz Carlos Pinto da Silva. Эффективные операций технологического контроля, оценка надежности железобетонные колонны // Revista Matéria, v.23, n.3, 2018. - №1. - С. 88-93.

18. P.Druķis, L.Gaile, K.Valtere, V.Goremikins. Исследование структурной надежности существующих бетонных конструкций // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - С. 112-117.