

УДК 69.059.4.003

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, Н. А. НЕВГЕНЬ, А. А. ХРАМОГИН
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы надежности зданий и сооружений, а также ее формирование на всех этапах существования зданий и сооружений. Оценка технического состояния зданий и сооружений предназначена для качественного и количественного представления показателей, характеризующих свойства материалов и состояние объектов, изучения процессов, протекающих в конструкциях, основаниях и оборудовании, а также выявления фактических эксплуатационных свойств материалов, элементов конструкций и установления их соответствия техническим требованиям. Обеспечение требуемого уровня долговечности и надежности зданий и сооружений в процессе их существования выполняется техническими и организационными методами.

Ключевые слова: безотказность, долговечность, резервирование, дефекты, ремонтпригодность.

Надежность зданий и сооружений непрерывно формируется на всех этапах их существования. На стадии проектирования определяются нагрузки и воздействия, осуществляется выбор материалов и разрабатывается конструктивное решение, учитывающее основные факторы условий эксплуатации объекта. Тем самым формируется первоначальный уровень долговечности и безотказности здания и его элементов. Принятые в конструктивном решении соединения отдельных элементов формируют ремонтпригодность конструкций и инженерного оборудования. Кроме того, при проектировании закладывается определенный запас в основные параметры объекта (прочность, деформативность и т. п.), который называется начальным резервированием (рис. 1).

При возведении зданий и сооружений качество монтажных работ, соответствие применяемых материалов проекту и правильное выполнение технологических процессов вносят определенную корректировку в свойства безотказности и долговечности элементов объекта.

Выполнение ремонтных работ, замена изношенных элементов в определенной мере восстанавливает уровень безотказности конструкций и оборудования. Использование при ремонтах новых технологий и материалов, предупреждающих износ, повышает долговечность конструкций и оборудования, и наоборот, нарушение правил эксплуатации, несвоевременное проведение предупредительных ремонтов приводят к уменьшению расчетного уровня долговечности.

Применение при плановых ремонтах новых конструктивных решений может повысить уровень ремонтпригодности объекта.

Оперативное устранение возникающих в процессе эксплуатации дефектов не позволяет им перерасти в отказ и тем самым обеспечивается требуемый уровень надежности зданий и сооружений.

При проектировании (рис. 1, кривая 2) можно за счет удорожания объекта достичь высокого уровня начальной безотказности (ввести начальное резервирование) таким образом, чтобы с учетом снижения во времени безотказность достигла минимально допустимого уровня к концу расчетного срока эксплуатации. Можно предположить объект и без начального резервирования, что экономичнее первого варианта и предусмотреть такую последовательность капитальных ремонтов (кривая 1), которая бы обеспечивала уровень безотказности не ниже требуемого на всем этапе эксплуатации. Такой подход потребует больших по сравнению с первым вариантом эксплуатационных затрат.

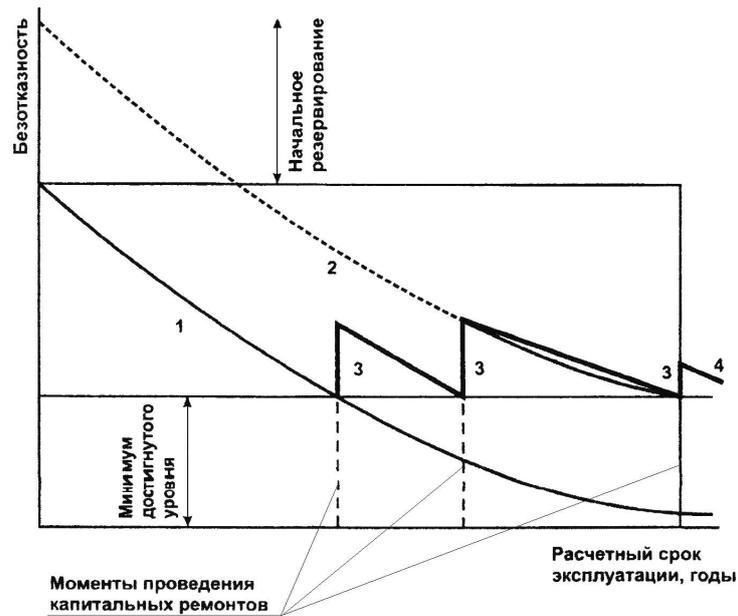


Рисунок 1 – Формирование и изменение надежности здания на стадиях проектирования и эксплуатации: 1 – изменение безотказности объекта в результате старения и износа; 2 – то же при начальном резервировании; 3 – повышение безотказности при капитальном ремонте; 4 – увеличение долговечности объекта.

Таким образом, обеспечение требуемого уровня надежности зданий и сооружений в процессе их существования может выполняться техническими и организационными методами и должен обосновываться комплексными оценками: социальными, техническими, экономическими, экологическими и др.

При любых, даже самых совершенных технических решениях, вероятность отказа конструкций и оборудования всегда остается. Предотвратить отказы или сделать их последствия минимальными призваны организационные методы обеспечения надежности.

Организационным обеспечением надежности зданий и сооружений занимаются эксплуатационные службы, выполняющие две основные задачи:

- выявление первых признаков возникновения отказа конструкций или оборудования и предотвращение его дальнейшего развития;
- снижение предупредительными мероприятиями (плановые ремонты, техническое обслуживание и т. п.) вероятности возникновения отказов.

При возникновении неисправности в конструкции или оборудовании здания значения их эксплуатационных параметров отклоняются до величины R_1 , которая выходит за пределы допустимых значений. Информация о нарушении появится у эксплуатационной службы через время t_1 . Для выявления причин неисправности, ее оценки и принятия решения по ней требуется время t_2 . На выполнение действий по устранению неисправности затрачивается время t_3 , определяемое свойствами ремонтпригодности объекта. После завершения восстановительных работ для приведения отклонившегося параметра в исходное состояние требуется время t_4 , обусловленное технической инерцией объекта. Таким образом, период существования неисправности определяется по формуле:

$$T_{\text{неиспр}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (1)$$

Время прохождения информации о неисправности зависит от субъективных факторов и технического решения объекта. Время же выявления причин возникновения неисправности и выработки плана действий по ее ликвидации, а также время устранения неисправности зависит от эксплуатационной службы. В конкретных условиях у эксплуатационного персонала существуют определенные возможности по восприятию информации о неисправности и принятию управляющего решения $t_{2\text{min}}$, а также по выполнению ремонта $t_{3\text{min}}$. При этом время существования неисправности станет минимальным при выполнении следующего условия:

$$T_{\text{неиспр min}} = t_1 + t_{2\text{min}} + t_{3\text{min}} + t_4. \quad (2)$$

Не всегда, получив информацию о наличии неисправности, эксплуатационный персонал немедленно начинает заниматься ее устранением. В этом случае, если неисправность вызывает не скачкообразное, а постепенное отклонение параметров объекта, то до наступления отказа объекта через время $T_{от}$ его можно предотвратить. Для этого в момент времени i_x эксплуатационный персонал должен оперативно (за время t_{3min}) выполнить ремонтные работы и не допустить возникновения отказа. Если описанная ситуация возможна, то это означает, что имеется некоторый избыток времени (резерв времени) над минимально необходимым, который определяется по формуле:

$$T_{рез} = T_{от} - T_{пер} = T_{от} - (t_1 + t_{2min} + t_{3min} + t_4). \quad (3)$$

Показатель резервного времени учитывает одновременно как внешние, так и внутренние ограничения эксплуатационного персонала, т. е. позволяет соотносить предъявляемые требования с возможностями эксплуатационной службы.

Вероятность безотказной работы является функцией времени. Чем дольше объект находится в эксплуатации, тем больше вероятность того, что произойдет отказ в его работе. Заблаговременное проведение планово-предупредительных замен конструкций или их элементов до момента возникновения отказа повышает вероятность безотказной работы, но влечет за собой увеличение эксплуатационных затрат (рис. 2). Найти приемлемое соотношение между требуемым уровнем надежности объекта и материальными затратами, связанными с ее обеспечением, можно посредством разработки оптимальной стратегии выполнения ремонтов.

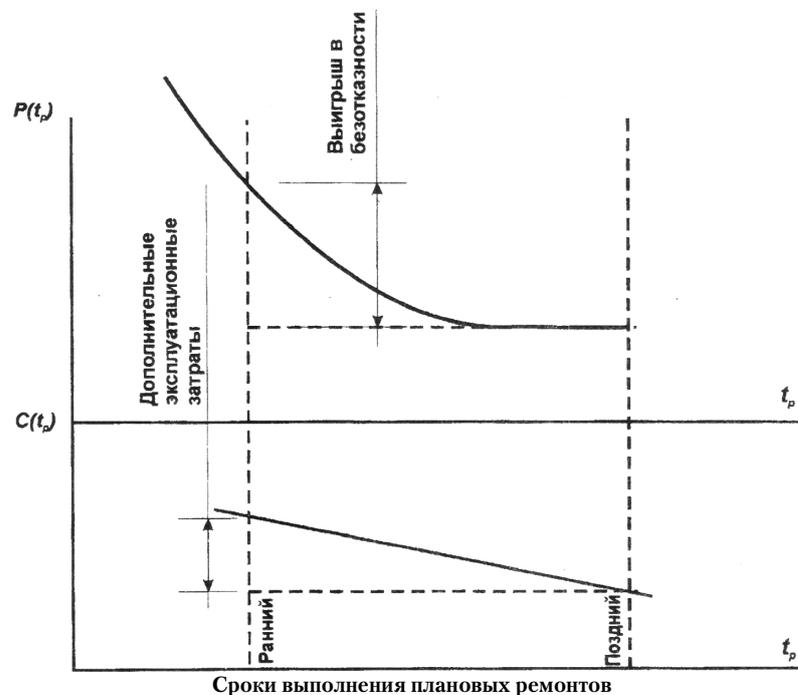


Рисунок 2 – Зависимость между выигрышем в надежности и материальными затратами на его достижение при предупредительной замене конструкций.

Критериями оптимальной стратегии выполнения ремонтов служат частота возникновения отказов и экономический показатель. Суммарные материальные затраты, связанные с возникновением и существованием отказа, с мероприятиями по его предупреждению и ликвидации, отнесенные к единице времени, называются интенсивностью эксплуатационных затрат.

Для каждой конструкции существует некоторый предельный уровень частоты отказов $I_{отказов}$, который должны обеспечить эксплуатационные службы. Обеспечить допустимый уровень частоты отказов можно за счет изменения периода проведения плановых замен конструкции или ее элементов. Ожидаемая частота отказов при периодических плановых заменах конструкции рассчитывается по формуле:

$$I_{от} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{T_{пл}}{T_{сп}^2}, \quad (4)$$

где $T_{пл}$ – назначаемая периодичность проведения плановых замен конструкции (или ее элементов);
 $T_{ср}$ – средний срок службы конструкции.

Задача обеспечения требуемого уровня частоты отказов сводится к выполнению неравенства:

$$I_{от} \leq I_{доп}. \quad (5)$$

Отсюда определяется периодичность проведения плановых замен конструкции:

$$T_{ср} \leq \frac{\pi}{4} \cdot I_{доп} \cdot T_{ср}^2. \quad (6)$$

Любой межремонтный период, удовлетворяющий приведенному неравенству, является приемлемым с точки зрения обеспечения надежности конструкции. Далее решается экономическая задача: из всех возможных межремонтных периодов, удовлетворяющих условию обеспечения надежности конструкции, выбрать тот, при котором интенсивность эксплуатационных затрат наименьшая. Для решения этой задачи строится график зависимости интенсивности эксплуатационных затрат от межремонтного периода конструкции, по которому определяется наименьшее значение функции. Это значение ординаты и будет соответствовать оптимальному межремонтному периоду.

Пример. Как установлено, мастичная кровля «Вента» имеет средний срок службы 18,3 года. Допустимая частота отказов кровли $I_{доп} = 0,04$ 1/год. График изменения интенсивности эксплуатационных затрат в зависимости от межремонтного периода представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Изменение интенсивности эксплуатационных затрат в зависимости от межремонтного периода.

Требуется выбрать оптимальный межремонтный период для кровли, который обеспечивал бы требуемый уровень ее надежности и был экономически оправданным.

Решение. Определяем значения межремонтных периодов, которые обеспечивают требуемый уровень частоты отказов кровли:

$$T_{ср} \leq \frac{\pi}{4} \cdot I_{доп} \cdot T_{ср}^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,04 \cdot 18,3^2 = 17,01 \approx 17 \text{ лет.}$$

По графику интенсивность эксплуатационных затрат в диапазоне от 0 до 17 лет принимает наименьшее значение при $T_{пл} = 14,5$ года. Поскольку плановые ремонты проводятся с периодичностью, кратной году, принимаем межремонтный период 14 лет, при котором частота отказов равна $I_t = 0,034$ 1/год, что меньше допустимого значения $I_{доп}^* = 0,04$ 1/год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций [Текст] / В. И. Агаджанов. – М. : Стройиздат, 1988. – 143 с.
2. Бабушкин, В. И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа [Текст] / В. И. Бабушкин. – Харьков : Вища школа, Головное изд-во, 1989. – 169 с.
3. Порывай, Г. А. Предупреждение преждевременного износа зданий [Текст] / Г. А. Порывай. – М. : Стройиздат, 1979. – 284 с.

4. Рекомендации по защите от коррозии строительных конструкций лакокрасочными покрытиями [Текст] / Харьковский проектный и научно-исследовательский институт Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1973. – 182 с.
5. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении [Текст] / Харьковский проектный и научно-исследовательский институт Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1990. – 176 с.
6. Чехов, А. П. Захист будівельних конструкцій від корозії [Текст] / А. П. Чехов, В. М. Глушенко. – Київ : Вища школа, 1994. – 221 с.

Получено 08.10.2017

**В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, О. А. ХРАМОГІН
ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДОВГОВІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД У ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»**

Анотація. У статті розглядаються питання надійності будівель і споруд, і те, як вона формується на всіх етапах існування будівель і споруд. Оцінка технічного стану будівель і споруд призначена для якісного й кількісного надання показників, які характеризують властивості матеріалів і стан об'єктів, вивчення процесів, що відбуваються у конструкціях, основах і обладнанні, а також виявлення фактичних експлуатаційних властивостей матеріалів, елементів конструкцій і встановлення їх відповідності технічним вимогам. Забезпечення необхідного рівня довговічності і надійності будівель і споруд у процесі їх існування забезпечується технічними й організаційними методами,

Ключові слова: безвідмовність, довговічність, резервування, дефекти, ремонтпридатність

**VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, NIKOLAI NEVGEN,
ALEKSANDR KHRAMOGIN
TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL METHODS PROVIDING THE
DURABILITY AND RELIABILITY OF BUILDING CONSTRUCTIONS APPLIED
IN STRUCTURES**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The problems of reliability of buildings and structures and the ways of its forming in all stages of buildings and structures operation are considered in the article. The estimation of engineering of buildings and structures is to show the quality and quantity data that describe the properties of materials and projects state studying of processes in the structures, grounds and equipment and also revealing the factual operating ability of materials, structures elements and determination of their meeting technical requirements. Providing of the required level of buildings and structures reliability in the process of their operation is carried out with technical and organizational methods.

Key words: reliability, durability, redundancy, defects, maintainability.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Невгень Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Храмогин Александр Андреевич – магистр ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Левченко Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, доцент. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Невгень Микола Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Храмогин Олександр Андрійович – магістр ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Levchenko Victor – Ph. D. (Eng.), Professor; Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, chancellor's office. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Levchenko Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Nevgen Nikolai – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Khramogin Aleksandr – the master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.