

2. Волчек, А. А. Организационно-экономические и экологические аспекты модернизации водохозяйственных объектов жилищно-коммунального хозяйства в западном трансграничном регионе Беларуси : [монография] / А. А. Волчек, Л. В. Образцов, П. В. Шведовский. – Минск : РИВШ, 2020. – 175 с.

3. Кочурко, А. Н. Анализ подходов к оценке эффективности альтернатив реализации инвестиционных проектов на предпроектной стадии / А. Н. Кочурко, Л. Г. Срывкина // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – № 1. – С. 100–106.

4. Кисель, Е. И. Формирование экономического потенциала объекта недвижимости при решении задач экологического менеджмента в процессе строительной деятельности / Е. И. Кисель, Л. Г. Срывкина // Новая экономика. – 2021. – Спецвыпуск № 3 (2021). – С. 54–60.

УДК 624.012.3:519.816

## **АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Ю. С. Дордюк<sup>1</sup>, Н. П. Яловая<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>К. т. н., доцент, заведующий кафедрой экономики и организации строительства, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: jul4onka@mail.ru*

*<sup>2</sup>К. т. н., доцент, проректор по идеологической и воспитательной работе, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: yalnat@yandex.by*

### **Реферат**

В статье проведен анализ современных методов оценки технического состояния конструктивных систем и их элементов на основании анализа дефектов, устанавливаемых при визуальном обследовании, описаны диагностические параметры (базисные переменные), учитываемые при формировании базы знаний системы показателей (рейтингов).

**Ключевые слова:** предварительное обследование, осмотр, дефект, повреждение, строительная конструкция, диагностика.

## **ANALYSIS OF DIAGNOSTIC PARAMETERS DURING INSPECTION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING STRUCTURES**

**Yu. S. Dardziuk, N. P. Yalavaya**

### **Abstract**

The article analyzes modern methods for assessing the technical condition of structural systems and their elements, based on the analysis of defects identified during visual inspection, and describes diagnostic parameters (basic variables) taken into account when forming the knowledge base of the system of indicators (ratings).

**Keywords:** preliminary examination, inspection, defect, damage, building structure, diagnostics.

## **1 Введение**

Процесс оценивания технического состояния существующих конструкций в общем случае принято подразделять на три характерных этапа: предварительное или общее обследование; детальное обследование; обработка данных, полученных в ходе обследования, и формулирование заключения.

Оценка, выполняемая на этапе предварительного (общего) обследования, чаще всего является субъективной, зависит от опыта и квалификации эксперта и часто приводит либо к неэкономичным, либо небезопасным последствиям. Несмотря на то, что на протяжении ряда лет оценка технического состояния конструкций является основной из проблем, с которыми сталкиваются практикующие инженеры, данная процедура, в частности, при проведении предварительного (общего) обследования не является совершенной и требует дальнейшей доработки.

## **2 Методы и материалы**

В Республике Беларусь с 1 января 2021 года обследование технического состояния строительных конструкций выполняют по впервые введенным строительным нормам СН 1.04.01 [1]. В соответствии с данным документом обследование состоит из трех основных этапов:

- 1 этап – предварительный осмотр здания;
- 2 этап – общее обследование (по внешним признакам);
- 3 этап – детальное (инструментальное) обследование.

Предварительный осмотр здания производят до составления технического задания на проведение обследования для уточнения цели и задач работы, предварительного определения объемов и сроков производства работ, объема имеющейся проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, условий доступа к обследуемым элементам здания.

Общее обследование проводится для общей оценки технического состояния строительных конструкций, определения необходимости, объема и программы детального обследования. Общее обследование включает в себя общую оценку конструктивной схемы и соответствия здания проектной документации в части объемно-планировочного и конструктивного решения, а также по виду и характеру нагрузок, условиям эксплуатации. По внешним признакам дается ориентировочная оценка категории состояния отдельных конструкций с определением необходимости проведения противоаварийных мероприятий.

При общем обследовании проводят визуальный осмотр всех конструкций с применением в необходимых случаях инструментов и приборов. При необходимости выполняют испытания и измерения для получения дополнительных данных о состоянии конструкций и их соответствии проектной документации: ориентировочная оценка прочности бетона и его плотности, измерение ширины раскрытия и глубины наиболее характерных трещин, выборочное измерение наибольших отклонений основных размеров от проектной документации.

В Российской Федерации на сегодняшний день основным нормативным документом в строительной отрасли, в соответствии с которым должно прово-

даться обследованию зданий и сооружений, является ГОСТ 31937 [2]. В соответствии с документом [2] обследование технического состояния зданий (сооружений) должно проводиться в три этапа:

- 1 этап – подготовка к проведению обследования;
- 2 этап – предварительное (визуальное) обследование;
- 3 этап – детальное (инструментальное) обследование.

Подготовительные работы проводят в целях: ознакомления с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий; сбора и анализа проектно-технической документации; составления программы работ с учетом согласованного с заказчиком технического задания.

Предварительное (визуальное) обследование проводят в целях предварительной оценки технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи по внешним признакам, определения необходимости в проведении детального (инструментального) обследования и уточнения программы работ.

В руководстве [3] состояние конструкции оценивается на двух уровнях:

- I. Предварительное (визуальное) обследование.
- II. Детальное обследование.

Если на уровне предварительного (визуального) обследования получена достаточно полная информация о состоянии объекта, то переходить к детальному обследованию не рекомендуется.

Предварительное (визуальное) обследование состоит из следующих трех этапов:

1) Сбор информации и ее детализация о проектировании здания, строительстве, эксплуатации и техническом обслуживании за последнее время.

2) Визуальное инспектирование технического состояния и фиксация повреждений.

3) Оценка конструкционной безопасности в соответствии с действующими строительными нормами и правилами или по определенным рабочим документам.

Для предварительного (визуального) обследования необходимы комплекты документов по проектированию конструкций и чертежи, включая спецификацию используемых материалов, инженерно-геодезические изыскания, документы по ремонту или модернизации, проведенные после строительства объекта, документы по эксплуатации здания, включая нагрузки. Также на данном этапе могут быть проведены полевые испытания по определению прочности бетона с применением неразрушающих методов контроля. При этом если приведенная выше документация отсутствует, необходимо провести детальное обследование.

Основной целью предварительного (визуального) обследования согласно [3] является обследование и фиксация всех повреждений или конструктивных несоответствий и их расположения, используя эскизы и чертежи. Визуальное инспектирование включает в себя:

- проверку достоверности исходных чертежей или определение базовой информации об объекте, если чертежи отсутствуют;
- определение основных отклонений, не представленных на оригинальных строительных документах;

- определение видимых конструктивных повреждений, таких как трещины и отслоения, а также проверка качества конструкций;
- определение потенциального риска падения несущих элементов: потолка, перегородок, стен, парапетов, крепежей и др.;
- обследование состояния грунтов и фундамента;
- формирование отчета по текущему состоянию с фотографиями.

Также по требованиям [3] должны быть отображены любые наблюдаемые отклонения от проектных. На основе собранных данных инженер-обследователь (эксперт) классифицирует повреждения по типу и значимости и дает оценку дальнейшей эксплуатации.

В руководстве [4] обследование здания/конструкций осуществляется в четыре этапа, которые показаны на рисунке 1:

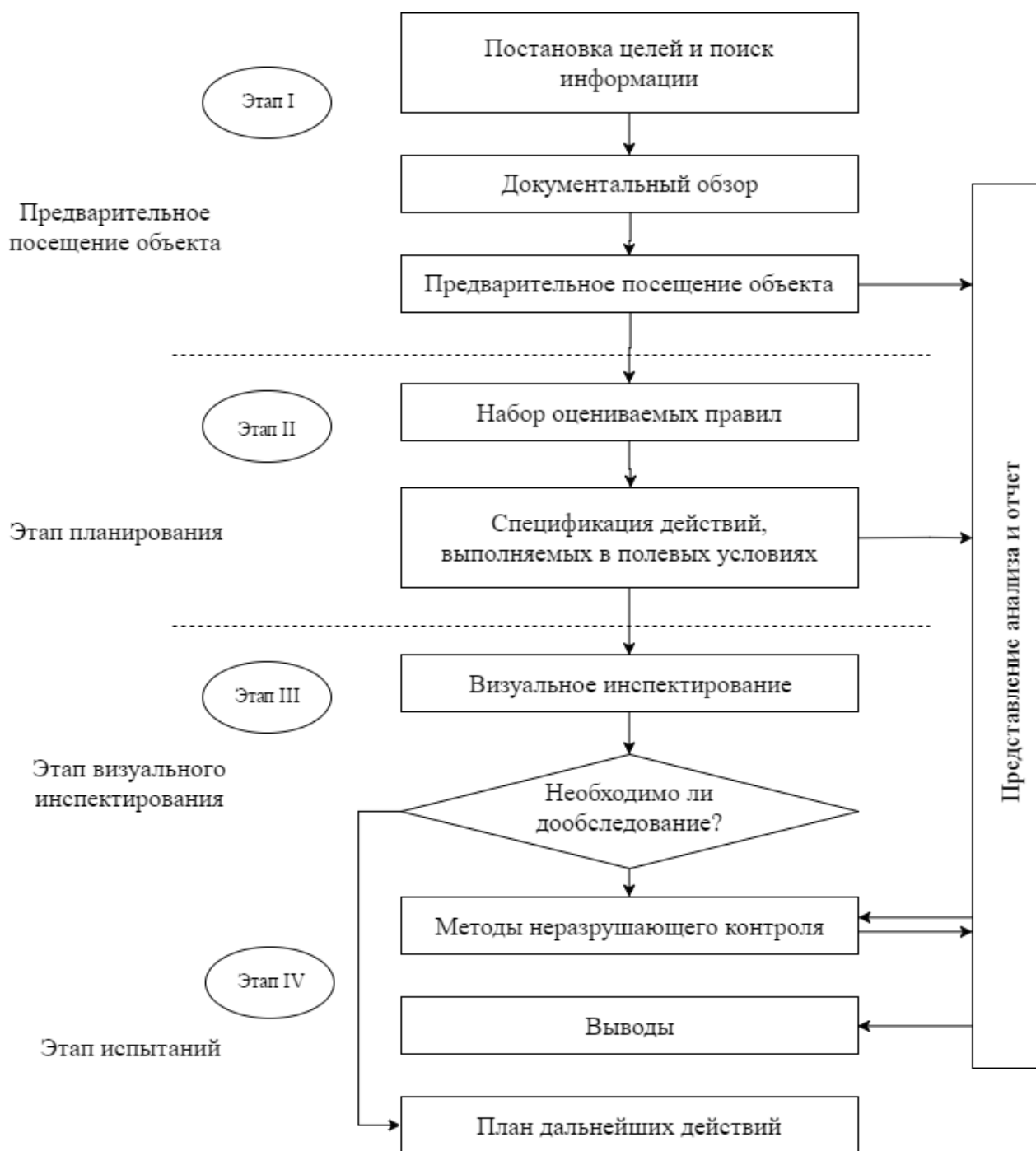
- 1) Предварительное инспектирование.
- 2) Планирование работ.
- 3) Визуальное инспектирование.
- 4) Натурные и лабораторные испытания.

Основная цель предварительного инспектирования – оценка и сбор информации для этапа планирования до проведения самого обследования.

Этап планирования включает в себя подготовку документов, группировку конструктивных элементов по их конструктивным решениям, значимости и т. д. и диагностику дефектов. Диагностика дефектов и повреждений представлена в таблице 2.

**Таблица 1** – Диагностика дефектов и повреждений согласно [4]

| Причина                    | Признак |           |            | Возрастные изменения |              |
|----------------------------|---------|-----------|------------|----------------------|--------------|
|                            | трещины | отслоения | разрушение | ранние               | долгосрочные |
| Конструктивные повреждения | +       | +         | –          | +                    | +            |
| Коррозия арматуры          | +       | +         | –          | –                    | +            |
| Химическое воздействие     | +       | +         | +          | –                    | +            |
| Разрушения от мороза       | +       | +         | +          | +                    | –            |
| Повреждения огнем          | +       | +         | –          | +                    | –            |
| Внутренние реакции         | +       | +         | –          | –                    | +            |
| Тепловые воздействия       | +       | +         | –          | +                    | +            |
| Усадка                     | +       | –         | –          | +                    | +            |
| Ползучесть                 | +       | +         | –          | –                    | +            |
| Быстрая сушка              | +       | –         | –          | +                    | –            |
| Пластическая усадка        | +       | –         | –          | +                    | –            |
| Внешние повреждения        | +       | +         | +          | +                    | +            |



**Рисунок 1** – Схема алгоритма, иллюстрирующая процесс обследования [4]

Визуальный осмотр (инспектирование) конструкции является наиболее эффективным качественным методом оценивания технического состояния и выявления типичных повреждений. Он предназначен для быстрого обследования конструкции и оценки ее общего состояния. Он дает ценную информацию опытному инженеру в отношении качества изготовления конструкции, эксплуатационной пригодности и механизма дальнейшего разрушения, а следовательно, является основой для детализации плана дальнейших действий и количественной оценки степени повреждения. Вместе с тем, степень объективности оценивания в значительной мере зависит от квалификации эксперта.

### 3 Результаты и обсуждения

Таким образом, как видно из представленных этапов обследования строительных конструкций в различных документах, наибольшая степень неопределенностей в оценивании технического состояния содержится на этапе предварительного обследования, хотя данный этап является наиболее важным с точки зрения принятия решений как о дальнейшем проведении детального обследования, так и о планируемых мероприятиях по обеспечению безопасности и эксплуатационной пригодности конструктивной системы.

Наиболее важным элементом предварительного обследования является разработка системы показателей (рейтингов), позволяющей классифицировать категорию состояния существующей конструкции. Как показано в [5], важнейшей частью любой системы является база знаний, состоящая из правил анализа информации по конкретной проблеме, как модели поведения экспертов в определенной области знания, с использованием процедур логического вывода и принятия решений. Иными словами, база знаний – это совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области деятельности.

Согласно [6], база знаний содержит факты (статические сведения о предметной области) и правила – набор инструкций, применяя которые к известным фактам можно получить новые факты. Следует отметить, что все существующие системы ориентированы на решение определенного круга задач в узкой предметной области и не могут быть использованы для решения даже близких, но не предусмотренных при их создании проблем [6].

### 4 Заключение

Таким образом, на основании представленного выше анализа дефектов и повреждений железобетонных конструкций, а также требований, предъявляемых на этапе предварительного обследования, в том числе по зафиксированным в процессе визуального (общего) предварительного обследования внешним признакам, для оценивания технического состояния строительных конструкций при формировании базы знаний системы показателей (рейтингов) следует учитывать следующие диагностические параметры (см. таблицу 2) [7].

**Таблица 2** – Параметры, учитываемые при формировании базы знаний системы показателей (рейтингов)

| Параметры, устанавливаемые при визуальном обследовании                                                         | Параметры, учитываемые при формировании базы знаний |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Трещины:                                                                                                       |                                                     |
| продольные коррозионные вдоль арматурного стержня                                                              | +                                                   |
| нормальные                                                                                                     | +                                                   |
| наклонные                                                                                                      | +                                                   |
| силового характера в сжатой зоне                                                                               | +                                                   |
| Повреждения защитного слоя бетона (сколы, отслоение, каверны, раковины, пустоты, инородные включения в бетоне) | +                                                   |
| Промасливание бетона                                                                                           | +                                                   |

## Продолжение таблицы 2

| Параметры, устанавливаемые при визуальном обследовании                                                                                                                                                                                                                            | Параметры, учитываемые при формировании базы знаний |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Глубина карбонизации бетона                                                                                                                                                                                                                                                       | –                                                   |
| Оголения арматуры                                                                                                                                                                                                                                                                 | +                                                   |
| Коррозионные повреждения арматуры                                                                                                                                                                                                                                                 | +                                                   |
| Разрывы или выпучивание арматуры                                                                                                                                                                                                                                                  | –                                                   |
| Несоответствие размеров или формы конструкции проектным                                                                                                                                                                                                                           | –                                                   |
| Несоответствие размеров площадок опирания элементов                                                                                                                                                                                                                               | –                                                   |
| Прогибы (относительные прогибы)                                                                                                                                                                                                                                                   | +                                                   |
| Прочность бетона                                                                                                                                                                                                                                                                  | –                                                   |
| Комплекты документов по проектированию конструкций и чертежи, включая спецификацию используемых материалов, инженерно-геодезические изыскания, документы по ремонту или модернизации, проведенные после строительства объекта, документы по эксплуатации здания, включая нагрузки | +                                                   |

*Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант № T23M-016).*

### Список использованных источников

1. Техническое состояние зданий и сооружений = Тэхнічны стан будынкаў і збудаванняў : СН 1.04.01-2020. – Взамен ТКП 45-1.04-305-2016. – Введ. 27.10.20. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 66 с.
2. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния = Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition: ГОСТ 31937–2011. – Введ. 01.01.14. – М. : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2014. – 74 с.
3. Condition assessment of buildings for repair and upgrading : Report / National Disaster Management Programme ; prepared by prof. Anand S. Arya. – New Delhi, 2007. – 16 p.
4. Handbook on repair and rehabilitation of RCC structures / Central Public Works Department (CPWD). – New Delhi, 2002. – 498 p.
5. Джарратано, Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирования : пер. с англ. / Дж. Джарратано, Г. Райли. – Изд. 4-е. – М. : Вильямс, 2007. – 1152 с.
6. Джексон, П. Введение в экспертные системы : пер. с англ. / П. Джексон. – Изд. 3-е. – М. : Вильямс, 2001. – 622 с.
7. Тур, В. В. Диагностическая карта входных параметров при оценке технического состояния конструкций, основанной на применении инструментов нечеткой логики / В. В. Тур, Ю. С. Дордюк // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сборник науч. статей XXII Междунар. науч.-метод. семинара, Брест, 29–30 сентября 2022 г. / редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 233–241.