

УДК 624.03

***АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И СРОКОВ СЛУЖБЫ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ***

***Чаганов А.Б.***

*к.т.н., заведующий кафедрой Строительного производства*

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,*

*Киров, Россия*

***Муравьева Д.С.***

*Магистрант*

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»*

*Киров, Россия*

**Аннотация**

На сегодняшний день в России отсутствует единая методика определения остаточного ресурса зданий и сооружений. В большей степени эта проблема проявляется при подсчете остаточного ресурса промышленных зданий. В связи с этим в статье приведены основные определения понятия долговечности, физического и морального износа, а также остаточного ресурса промышленных зданий. Рассмотрены два подхода к определению остаточного ресурса, как физико-механической характеристики здания и его частей, определены их основные недостатки и предложены варианты доработки существующих методик в направлении повышения точности определения остаточного ресурса с акцентом на метод экспертных оценок, как более актуальный в настоящий момент до повсеместного внедрения BIM-технологий на всех этапах проектирования и эксплуатации зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** долговечность, срок службы, физический износ, моральный износ, остаточный ресурс, метод экспертных оценок, коэффициент значимости.

***ANALYSIS OF METHODS FOR ESTIMATION OF DURABILITY AND SERVICE LIFE INDUSTRIAL BUILDINGS***

***Chaganov A.B.***

*PhD, Head of the department of construction production*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University» (FSBEI HE «VyatSU»),*

*Kirov, Russia*

***Muraveva D.S.***

*Master student*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University» (FSBEI HE «VyatSU»),*

*Kirov, Russia*

**Annotation**

Today in Russia there is no uniform methodology for determining the residual resource of buildings and structures. To a greater extent, this problem manifests itself in calculating the residual resource of industrial buildings. In this regard, the article shows the basic definitions of the concept of durability, physical and moral wearout, as well as the residual resource of industrial buildings. Two approaches to determining the residual resource as the physicomachanical characteristics of the building and its parts are considered, their main shortcomings are identified, and options are offered to refine the existing techniques in order to improve the accuracy of determining the residual resource with an emphasis on the method of expert assessments as more relevant now

to the ubiquitous introducing BIM technologies at all stages of designing and operating buildings and structures.

**Keywords:** durability, service life, physical wearout, moral wearout, residual resource, method of expert assessments, coefficient of significance.

В современном мире вопросы долговечности и сроков службы промышленных зданий становятся всё более актуальными с каждым годом. Достаточно большое количество промышленных предприятий России были построены в период с 1930 по 1970 год и насчитывают порядка 50 – 90 лет эксплуатации. В этот период были построены и крупнейшие промышленные предприятия России: «Уралвагонзавод» (1936 г.), АвтоВАЗ (1966 г.), КамАЗ (1969 г.), АО «Лебедянский» (1967 г.), «Северсталь» (1955 г.). Крупнейшие промышленные предприятия Кировской области были построены в 30-е – 40-е годы прошлого столетия: АО «ВМП «АВИТЕК» (1931 г.), АО «Завод «Сельмаш» (1943 г.), АО «Кировский завод МАЯК» (1941 г.).

Значительный срок эксплуатации вышеперечисленных промышленных предприятий создает потребность в обеспечении долговечности и продлении сроков службы промышленных зданий. Долговечность промышленных зданий определяется как время, в течение которого его эксплуатационные качества способны сохраняться на уровне, заданном в проекте и в соответствии с нормативными сроками службы. Существует понятие физической и моральной долговечности. Понятие физической долговечности связано с физическими и техническими характеристиками конструкций: прочностью, жесткостью, геометрической неизменяемостью и другими параметрами. Понятие моральной долговечности связано с технологическими, экономическими и эстетическими характеристиками здания: функциональностью, технологической оснащенностью, архитектурным обликом, практической целесообразностью и

другими параметрами. Для промышленных зданий моральная долговечность является не менее значимой, чем физическая.

Противоположным к понятию долговечности является понятие износа. Аналогично указанным выше терминам существует физический и моральный износ зданий и сооружений.

Под физическим износом конструкции, элемента, системы инженерного оборудования и здания в целом следует понимать утрату ими первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. [1].

Физический износ зданий имеет три фазы:

- I фаза – повышенный износ или период деформаций происходит сразу после завершения строительных работ и может занимать до 25% нормативного срока службы. Усиленное нарастание износа вызвано дефектами, связанными с качеством материалов и конструкций, качеством СМР, усадкой фундамента и т.д.

- II фаза – медленный износ или период нормальной эксплуатации, при которой деформации постепенно накапливаются и становятся необратимыми, материал конструкций меняет свои качественные параметры. Фаза медленного износа наступает после I фазы повышенного износа и занимает около 50% нормативного срока службы. Скорость износа снижается за счет проведения текущих и капитальных ремонтов.

- III фаза – ускоренный износ, при котором деформации достигают критических значений. Происходит накопление эксплуатационной усталости, при этом остановить или снизить скорость износа невозможно или нецелесообразно.

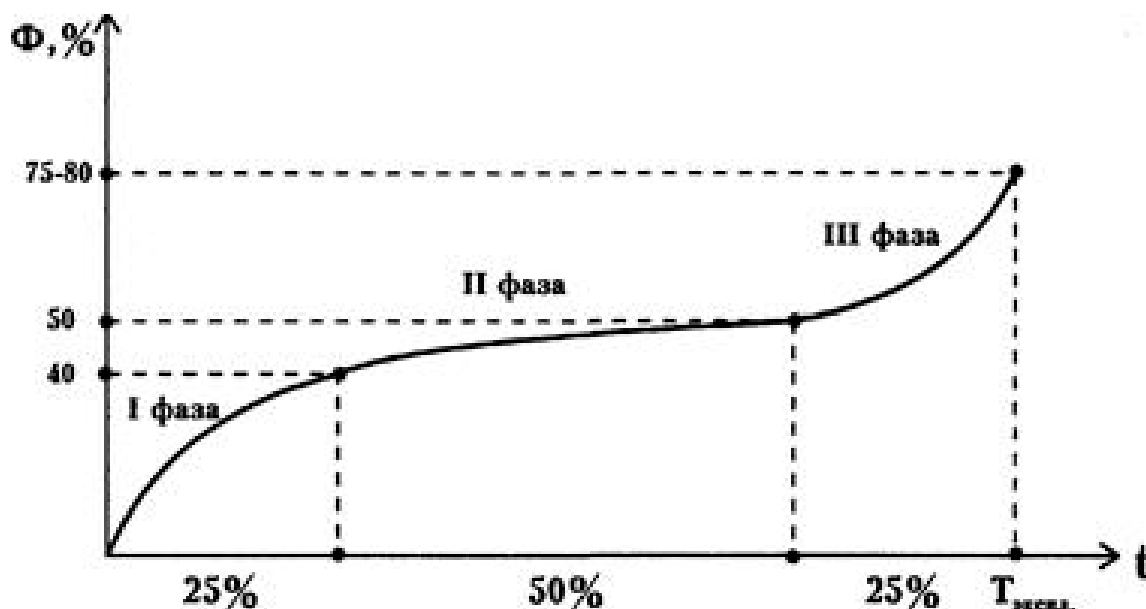


Рисунок 1. Относительная динамика физического износа здания в процессе эксплуатации.  $\Phi$  – физический износ, %;  $t$  – продолжительность эксплуатации;  $T_{\text{экспл.}}$  – нормативный срок службы (100%).

Под моральным износом понимают постепенное (во времени) отклонение основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации зданий и сооружений [7]. Моральный износ подразделяется на две формы:

- потеря экономических показателей (обесценивание зданий и невозможность их реализации);
- потеря технологических показателей (технологическое старение требует модернизации и внедрения современных технологий).

С понятием долговечности зданий неразрывно связано понятие остаточного ресурса, которое необходимо рассматривать как комплексное понятие, включающее в себя следующие компоненты [5]:

- остаточный ресурс здания и его частей как физико-механическую характеристику;
- остаточный ресурс здания как его остаточную стоимость;

- остаточный ресурс здания как величину, которая отражает его ценность для потребителя.

На текущий момент вопросы и методики оценки остаточного ресурса конструкций и зданий в целом является недостаточно проработанными и исследованными среди задач в сфере обеспечения безопасной эксплуатации промышленных зданий.

Определение остаточного ресурса объекта представляет собой прогнозирование изменения его технического состояния во времени по определяющим параметрам до достижения предельного состояния [4]. Исходя из этого можно сформулировать следующее определение понятия остаточного ресурса. Остаточный ресурс – это период времени, в течение которого эксплуатируется объект от момента оценки технического состояния до перехода в предельное состояние. Предельным называется такое состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация нецелесообразна или недопустима [2].

Существует два базовых подхода к определению остаточного ресурса, как физико-механической характеристики здания и его частей – с применением теории вероятности (метод экспертных оценок [6] или логико-вероятностная модель [8]) и с применением детерминированных расчетов (математическое моделирование или детерминированная модель [8]).

Применение детерминированных расчетов заключается в выборе формулы (зависимости), отображающей характер потери функциональных качеств конструкции.

Главным недостатком данного метода является то, что выбираемая зависимость должна быть в достаточной степени обоснована, в противном случае экстраполяция предполагаемого закона поведения конструкции по выбранному параметру может привести к грубым ошибкам. Для правильного выбора зависимостей необходимо точное представление о механизме процессов, Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

происходящих в процессе эксплуатации объекта. Эти данные можно получить в ходе эксперимента, но более достоверными являются данные, полученные в натуральных условиях.

Метод с применением детерминированных расчетов нуждается в доработке. Его применение будет более целесообразно и обосновано при повсеместном внедрении BIM-технологий на всех этапах проектирования и эксплуатации зданий и сооружений, а также при внедрении систем мониторинга в эксплуатируемые в настоящее время здания и сооружения. Доработка данного метода будет заключаться в адаптации зависимостей, отображающих характер потери функциональных качеств конструкций для наиболее корректной совместимости с САПР и системами мониторинга.

Применение вероятностных методов требует достаточно большого объема информации об исследуемых конструкциях (материалы, особенности эксплуатации, внешние воздействия и проч.). Наиболее часто используется принцип «безопасной эксплуатации по техническому состоянию», по которому расчет остаточного ресурса производится по определяющим параметрам технического состояния (параметры, изменение которых может привести объект в предельное состояние). К определяющим параметрам относятся физические характеристики материалов, коэффициенты запаса прочности, а также технологические показатели.

Основным недостатком данного метода является потребность в большом объеме информации об исследуемом объекте, включая влияние условий эксплуатации. Оптимальным решением этой проблемы является создание информационной базы по результатам аналогичных технических обследований.

Вышеописанные методы имеют весьма ограниченную область применения и не учитывают такие существенные факторы, как наличие скрытых дефектов

конструкций, резкое изменение условий эксплуатации и воздействие особых нагрузок, изменение скорости деградации материалов конструкций.

Таким образом, для всех вышеописанных методов необходимым условием является наличие достаточного объема информации, полученной в натуральных условиях и учитывающей влияние внешних факторов среды.

Потребность в большом количестве исходных данных затрудняет использование некоторых методик расчета остаточного ресурса, в то же время методики более доступные в применении предоставляют весьма неточные результаты. Эти факторы порождаются главной проблемой в определении остаточного ресурса зданий и сооружений: отсутствие единой, доказанной в теории и проверенной на практике методики расчета остаточного ресурса зданий и сооружений.

Методика определения остаточного ресурса с применением вероятностных методов приведена в «Рекомендациях по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам» (далее – Рекомендации) [6]. Рекомендации предназначены для приближенной оценки остаточного ресурса и надежности в целом эксплуатируемых зданий и сооружений, и их отдельных конструкций.

По данной методике остаточный ресурс или срок эксплуатации до капитального ремонта рассчитывается в годах на основании визуального обследования отдельных конструкций по формуле:

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

где  $\lambda$  – постоянная износа;

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



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

Относительная оценка надежности производится по формуле:

$$y = 1 - \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – величина повреждения строительных конструкций через  $t$  лет ее эксплуатации;

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

Общая оценка надежности по данной методике 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  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  – максимальная величина повреждений отдельных видов конструкций;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.

Самым «слабым звеном» этой методики является величина коэффициента значимости отдельных видов конструкций. Данные коэффициенты не регламентируются в вышеизложенных рекомендациях или другой нормативной литературе.

Коэффициенты значимости как правило назначаются из тех соображений, что обычно аварии на объектах происходит из-за наличия критического дефекта в отдельно взятой конструкции, поэтому при оценке величин повреждений учитывают их максимальную величину. Учет всесторонних воздействий, влияющих на эксплуатационную надежность зданий и сооружений позволит более корректно применять данные коэффициенты. Примерами таких воздействий может служить влияние расположения здания или сооружения (в районах крайнего севера, районах повышенной сейсмичности и др.) и влияние условий производства для промышленных зданий (наличие агрессивных сред, вибрационных нагрузок и проч.).

Также недостатком вышеизложенных рекомендаций является тот факт, что в данных Рекомендациях авторы приводят собственные категории технических состояний, которые не соответствуют приведенным в [2] и не учитывают повреждения более 35 % от заданной надежности элементов. Кроме того, в рекомендациях отсутствуют некоторые значимые виды конструкций, такие как свайные фундаменты, связи, прогоны, арочные конструкции, а также классификация конструкций по материалам.

В настоящее время метод экспертных оценок с применением теории вероятности является наиболее актуальным, чем метод с применением детерминированных расчетов. Метод экспертных оценок позволит наиболее точно определить остаточный срок службы объектов при условии объективности выводов о текущем состоянии конструкций и проведении необходимых доработок основной методики, изложенной в Рекомендациях.

Для доработки Рекомендаций необходимо привести категории технических состояний в соответствие с [2], а также разработать и уточнить коэффициенты значимости отдельных видов конструкций с учетом всесторонних воздействий.

В общем случае метод экспертных оценок также нуждается в доработке. На данном этапе доработка заключается главным образом в создании информационной базы результатов длительных испытаний конструкций и зданий в целом в натуральных эксплуатационных условиях, а также в выявлении закономерностей влияния различного рода дефектов на состояние отдельных конструкций и зданий в целом в эксплуатационных условиях.

### **Библиографический список:**

1. ВСН 53-86(р)/Госгражданстрой Правила оценки физического износа жилых зданий. Введ 1987-07-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051553> (Дата обращения: 9.02.2019).

2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 2014-01-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100941> (Дата обращения: 12.02.2019).

3. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введ. 1990-07-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-002-89> (Дата обращения: 12.02.2019).

4. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Введ. 2009-09-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53006-2008> (Дата обращения: 14.02.2019).

5. Голубев К.В., Шестакова Е.А. Особенности определения остаточного ресурса зданий и сооружений исторической застройки // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №1. – С.427 [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25323475> (Дата обращения: 15.02.2019).

6. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093756> (Дата обращения: 18.02.2019).

7. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Введ. 2003-08-21. [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034118> (Дата обращения: 19.02.2019).

8. Волков М.Д., Кибкало А.В. Существующие модели оценки остаточного ресурса конструкций и их сравнительный анализ // Молодой ученый. – 2016. -№25 (129). [Электронный ресурс]. – Режим доступа –URL: <https://moluch.ru/archive/129/35653/> (Дата обращения: 19.02.2019).

*Оригинальность 83%*