



## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ СРОКОВ СЛУЖБЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**В. Н. Левченко, Л. А. Гончарова, В. И. Хомич**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: mailbox@donnasa.ru*

*Получена 14 сентября 2021; принята 24 сентября 2021.*

**Аннотация.** В статье рассматривается методология технико-экономической эффективности применения коррозионно-стойких материалов и повышения долговечности строительных конструкций. Во взаимной связи рассматриваются первоначальные капитальные вложения в создание средств защиты, затраты при изготовлении строительных конструкций зданий и сооружений и возведении строительных объектов, а также затраты и потери, возникающие при эксплуатации зданий и сооружений. Отмечается, что научные исследования и мероприятия по защите строительных конструкций часто проводятся без достаточных технико-экономических обоснований, рекомендуемых методов и средств антикоррозионной защиты. Они направлены главным образом на изучение свойств материалов и обеспечение заданных нормами параметров. Особенностью методики является учет одновременности затрат, приведение их к началу эксплуатации по фактору времени и оценка экономической эффективности по конечному хозяйственному результату.

**Ключевые слова:** коррозия, эффективность, долговечность, амортизация, моральный износ.

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКІВ СЛУЖБИ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**В. М. Левченко, Л. О. Гончарова, В. І. Хоміч**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: mailbox@donnasa.ru*

*Отримана 14 вересня 2021; прийнята 24 вересня 2021.*

**Анотація.** У статті розглядається методологія техніко-економічної ефективності застосування корозійно-стійких матеріалів і підвищення довговічності будівельних конструкцій. У взаємному зв'язку розглядаються початкові капітальні вкладення в створення засобів захисту, витрати при виготовленні будівельних конструкцій будівель і споруд і зведенні будівельних об'єктів, а також витрати та втрати, які виникають при експлуатації будівель і споруд. Зазначається, що наукові дослідження і заходи щодо захисту будівельних конструкцій часто проводяться без достатніх техніко-економічних обґрунтувань, рекомендованих методів і засобів антикорозійного захисту. Вони спрямовані головним чином на вивчення властивостей матеріалів і забезпечення параметрів, що задані нормами. Особливістю методики є врахування різночасовості витрат, приведення їх до початку експлуатації за фактором часу та оцінка економічної ефективності за кінцевим господарським результатом.

**Ключові слова:** корозія, ефективність, довговічність, амортизація, моральне зношення.

## ECONOMIC EFFICIENCY OF OPERATING LIFETIME INCREASING OF ENGINEERING BUILDINGS AND STRUCTURES

**Viktor Levchenko, Lada Goncharova, Vera KHomich**

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: mailbox@donnasa.ru*

*Received 14 September 2021; accepted 24 September 2021.*

**Abstract.** The article deals with the methodology of technical-economical efficiency of corrosion-resistant materials application and increase of building constructions durability increasing. Primary capital investments in the creation of protection means, outlay during manufacturing of building constructions, buildings and erection of construction objects, and also outlay and losses appearing during maintenance of buildings and structures are considered interconnectedly. It is marked that scientific research and measures on building constructions protection are often held without sufficient technical-economical grounds, recommended methods and means of corrosion-resistant protection. They are mainly directed on study of material properties and ensuring of norm-given parameters. The peculiarity of the method is the time-difference record of outlay, their reduction to the time factor and estimation of economic efficiency on economic efficiency on finite economic result.

**Keywords:** corrosion, efficiency, durability, depreciation, obsolescence.

### Формулировка проблемы

Ремонт строительных конструкций зданий и сооружений обусловлен интенсивным коррозионным износом несущих и ограждающих элементов. Объем строительно-монтажных работ, научных исследований и проектно-конструкторских разработок, связанных со спецификой проведения строительных, в том числе антикоррозионных работ в условиях реконструкции и ремонта, непрерывно возрастает.

Правильный выбор видов и способов защиты строительных конструкций с учетом комплекса эксплуатационных воздействий после реконструкции и особенностей производства бетонных и специальных работ в условиях действующего производства позволит получить значительную экономию средств, материалов и трудозатрат как на стадии реконструкции, так и в процессе эксплуатации реконструируемого объекта. Мероприятия по обеспечению долговечности конструкций должны сопровождаться прежде всего экономической эффективностью. Таким образом, в современных условиях хозяйствования выбранная тематика является актуальной.

### Анализ последних исследований и публикаций

Проблеме повышения экономической эффективности и сроков службы строительных конструкций зданий и сооружений уделено достаточное количество научных трудов и исследований отечественных и зарубежных авторов, таких как В. И. Агаджанов, А. Я. Баранников, О. М. Маминцев, В. П. Чирков и др. Однако, несмотря на интерес к проблеме повышения экономической эффективности сроков службы строительных конструкций зданий и сооружений, необходим постоянный анализ и уточнение современных методов анализа.

### Цель работы

Целью работы является разработка рекомендаций по защите строительных конструкций с учетом комплекса эксплуатационных воздействий.

### Основной материал

С ростом объема реконструкции строительного комплекса Донбасса, увеличением интенсивности

производства и единичных мощностей, сокращением периода морального износа промышленного оборудования выбор строительных конструкций рациональной долговечности (сближение сроков морального и физического износа) требует тщательного технико-экономического анализа. Развитие промышленности и повышение эффективности производства обеспечиваются увеличением капитальных вложений в строительство, реконструкцию предприятий и затратами, связанными с поддержанием действующих основных фондов в технически исправном состоянии.

Проведенные натурные исследования промышленных зданий ряда производств в Донецком регионе показывают, что коррозионные разрушения строительных конструкций во многих случаях протекают гораздо быстрее, чем это предусмотрено проектами и нормативами, а по отдельным обследованиям угрожают выходом из строя объектов и производственных цехов. По результатам технико-экономических исследований коррозия строительных конструкций на действующих предприятиях приносит значительный ущерб.

Некоторые предприятия несут значительные убытки, связанные с простоем основного технологического оборудования и машин производственных цехов во время ремонта и восстановления строительных конструкций. Ремонтно-восстановительные работы, кроме денежных средств, требуют привлечения значительных трудовых и материальных ресурсов.

Для расчета потерь применяются следующие составляющие ущерба от коррозии:

- а) расходы на противокоррозионную защиту введенных в действие зданий и сооружений;
- б) выбытие основных фондов зданий и сооружений;
- в) повышенные амортизационные отчисления на капитальный ремонт для производственных зданий с агрессивной средой;
- г) косвенные потери, обусловленные коррозией строительных конструкций.

Особенностью расчетов экономической эффективности повышения долговечности строительных конструкций является учет разновременности затрат. Все расходы приводятся к первому году эксплуатации конструкций [5].

При определении затрат, связанных с выполнением строительных работ, рекомендуется пользоваться методикой, изложенной в [3, 4].

При оценке работ, связанных с ремонтом или реконструкций, следует учитывать дополнительные расходы: на обследование конструкций, отключение и перенос коммуникаций, демонтаж и монтаж оборудования, незаменимого при реконструкции, на временное удаление, которое необходимо для производства ремонтных работ; на прокладку временных коммуникаций для проведения строительных работ; на выполнение работ по защите технологического оборудования от возможных повреждений при производстве строительных работ в стесненных условиях; на мероприятия по технике безопасности, связанные с проведением общестроительных работ и антикоррозионных работ в действующих цехах и др.

Потери вследствие простоев основного производства определяются по формуле:

$$Z_{\text{по}} = E_n \cdot C_{\text{об}} \cdot T_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{об}}$  – стоимость активной части основных производственных фондов (технологическое оборудование, машины и механизмы, простаивающие в связи с выполнением строительных работ);

$T_{\text{пр}}$  – время простоя основных фондов;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для цехов, производящих однородную продукцию, потери от простоя технологического оборудования и связанного с этим снижения объема выпускаемой продукции определяются по формуле:

$$Z_{\text{в.п.}} = (Ц - С) \cdot Б \cdot T_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где  $Ц$  – оптовая цена единицы выпускаемой продукции;

$С$  – заводская себестоимость единицы продукции;

$Б$  – годовой объем выпуска продукции. Если при ремонтах строительных конструкций объем выпускаемой продукции не изменяется, но ухудшается ее качество, то потери предприятия определяются по формуле:

$$Z_{\text{с.к.}} = (Ц_{\text{к}} - Ц_{\text{н.к.}}) \cdot Б \cdot T_{\text{пр}}, \quad (3)$$

где  $Ц_{\text{к}}$  и  $Ц_{\text{н.к.}}$  – соответственно оптовые цены продукции заданного и пониженного качества.

Эксплуатационные расходы  $Э1$  включают в себя амортизационные отчисления на капитальный

ремонт здания и расходы на текущий ремонт. Для оценки эффективности конструктивных решений, срок службы которых равен сроку службы здания и сооружения в целом, рекомендуется использовать результаты прогнозирования долговечности материалов и конструкций.

В тех случаях, когда рассматриваются варианты конструктивных решений таких элементов, как гидроизоляция наружных поверхностей (кровля, полы и т. п.), целесообразен упрощенный подход [2].

Нормативный срок службы здания в целом рекомендуется определять по формуле [3, 4].

$$T_c = 100 / N_{ap}, \quad (4)$$

где  $N_{ap}$  – процент ежегодных амортизационных отчислений.

В зависимости от величины этих отчислений  $T_c$  колеблется от 40 до 100 лет, что порождает неопределенность в оценках эффективности выбранного варианта, вызванную вероятностной природой процесса износа строительных материалов и конструкций под воздействием агрессивных факторов эксплуатационной среды и большим временным интервалом прогноза. Поэтому в тех случаях, когда приведенные затраты по сравниваемым вариантам отличаются не более чем на 10 %, окончательный выбор нужно производить с учетом фактора неопределенности. При этом решение принимается на основе критериев теории игр (рассмотрен так называемый вариант «игра с природой»). Существует и теоретико-вероятностный подход (разработан в МИСИ им. В. В. Куйбышева).

Задачу о целесообразном пределе повышения стоимости изделия в связи с ростом его надежности предлагается решить с помощью понятия интенсивности отказов, впервые в практике строительных расчетов введенного в работах МИСИ им. В. В. Куйбышева (ныне Московский государственный строительный университет).

Для установления приведенных затрат до начала эксплуатации промышленного объекта используют соответствующие сметные нормы, инструктивные и рекомендательные документы. Для оценки приведенных затрат на стадии эксплуатации необходимы данные о периодичности и стоимости ремонтно-строительных работ, балансовой стоимости основного технологического оборудования и возможных сроках

его простоя в связи с выполнением общестроительных и антикоррозионных работ.

Нормативные документы по проведению планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений устанавливают перечень и объемы работ, относящиеся как к текущему, так и к капитальному ремонту. Однако часто одни и те же работы в сопоставимых объемах, особенно при выполнении их хозяйственным способом, относятся в соответствующей отчетности к капитальному либо текущему ремонту. Кроме того, имеются случаи, когда за счет средств, выделяемых на капитальные ремонты, производятся затраты, не относящиеся к данному виду работ (строительство новых объектов, приобретение оборудования и инвентаря и др.). Анализ фактических затрат на капитальные и текущие ремонты зданий и сооружений за 20 лет на ряде обследуемых объектов коксохимической и черной металлургии показал, что в среднем стоимость одного капитального ремонта железобетонных конструкций может быть принята равной примерно 30 % стоимости конструкции «в деле», а стоимость ежегодных текущих ремонтов, которые производились или должны были бы производиться по состоянию конструкций, близка к стоимости капитальных ремонтов. Стоимость капитального ремонта старых производственных зданий электротехнических предприятий колеблется в зависимости от сложности работ от 300 до 800 руб. на 1 м<sup>2</sup> развернутой площади здания, а в среднем составляет примерно 500 руб. на 1 м<sup>2</sup> стоимости нового строительства [2, 7]. Суммарная стоимость текущих и капитальных ремонтов железобетонных элементов составляет примерно 50 % от их стоимости «в деле» вне зависимости от условий эксплуатации, а последние влияют лишь на частоту проведения ремонтов.

В конкретных случаях с учетом результатов обследования и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций сроки их службы, объемы ремонтно-восстановительных работ и антикоррозионных работ можно определить достаточно точно. Примерная периодичность капитальных ремонтов основных элементов производственных зданий и сооружений в зависимости от степени агрессивного воздействия среды указана в «Положении о проведении планово-предупредительного

ремонта зданий и сооружений» и других документах [1,3].

Для незащищенных наземных конструкций предприятий коксохимической и черной металлургии фактические среднестатистические значения межремонтного периода составляют: в сильноагрессивной среде – 6; в среднеагрессивной – 12, в слабоагрессивной – 25 лет. При этом более всего на этих производствах конструкций со сроком службы между капитальными ремонтами около 20 лет.

При проектировании реконструкции таких объектов целесообразно добиваться относительно равной долговечности конструкции, т. е. применением технически эффективных и экономически обоснованных мероприятий обеспечивать безотказную работу железобетонных элементов в течение примерно 20 лет [8–10].

Стоимость проведения обследований с привлечением специализированных организаций определяется в каждом конкретном случае в зависимости от характера и условий работ, видов испытаний, физико-химических исследований и других особенностей.

При составлении технического задания на разработку проекта реконструкции конкретного объекта руководством предприятия или цеха должна даваться экспертная оценка возможных потерь в связи с ремонтами зданий и сооружений.

Поскольку на моральный износ отдельных элементов зданий и сооружений существенно

влияет возможное изменение нагрузок, выбор способов обеспечения долговечности следует производить с учетом этого фактора.

Дополнительный экономический эффект при повышении долговечности создается за счет того, что высвободившиеся ресурсы, ранее расходовавшиеся на ремонты (материалы, трудозатраты и др.) могут быть направлены на создание новой стоимости. Даже приближенные расчеты показывают, что этот эффект весьма значителен.

## Выводы

При оценке работ, связанных с реконструкцией и восстановлением обследуемых объектов, технико-экономический анализ проводился по методике, изложенной в [6]. В данной статье представлены рекомендации по определению потерь вследствие простоев основного производства в зависимости от вида выпускаемой продукции, стоимости капитального ремонта старых производственных зданий в зависимости от сложности работ. Исследования показали, что в целом суммарная стоимость текущих и капитальных ремонтов железобетонных элементов и конструкций составляет примерно 50 % от их стоимости «в деле» вне зависимости от условий их эксплуатации, которые влияют лишь на частоту проведения ремонтов зданий и сооружений.

## Литература

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций / В. И. Агаджанов. – Москва : Стройиздат, 1988. – 144 с. – Текст : непосредственный.
2. Баранников, А. Я. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / А. Я. Баранников, О. М. Маминцев. – Київ : «Основа», 2008. – 315 с. – Текст : непосредственный.
3. Левченко В. Н. Актуальные вопросы проектирования экономических зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий : учебное пособие / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко, Н. А. Невгень. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС

## References

1. Agadzhanov, V. I. Economics of increasing the durability and corrosion resistance of building structures. – Moscow : Stroyizdat, 1988. – 144 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Barannikov, A. Ya.; Mamintsev O. M. Otsinyuvannya technichnogo stanu budivel ta inzhenernikh sporud : navchalny posibnik for studentov vishikh navchalnih zakladiv. – Kiev : «Basis», 2008. – 315 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Levchenko V. N.; Levchenko D. V.; Nevgen N. A. Actual issues of designing economical buildings and structures by optimizing design solutions and reconstructing existing enterprises : a textbook. – Makeyevka : Donbass National Academy of Construction and Architecture, EBS DIA, 2018. – 198 p. – Text : electronic. – In: *Elec-tronic library system IPR BOOKS* : [website]. – URL: <https://>

- АСВ, 2018. – 198 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/92325.html> (дата обращения: 01.09.2021).
4. Методика и нормативы для определения стоимости эксплуатации производственных зданий на стадии проектирования / ЦНИИПромзданий. – Москва : [б. и.], 2008. – 38 с. – Текст : непосредственный.
  5. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьковский Промстройинипроект. – Москва : Стройиздат, 1990. – 176 с. – Текст : непосредственный.
  6. Чирков, В. П. Прогнозирование сроков службы железобетонных конструкций : учебное пособие по дисциплине «Основы теории проектирования строительных конструкций» / В. П. Чирков – Москва : МИИТ 1997. – 56 с. – Текст : непосредственный.
  7. Гончарова Л. А. Маркетинг : учебное пособие / Л. А. Гончарова, В. С. Чангли, А. В. Прокопенко. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. – 218 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/92339.html> (дата обращения: 01.09.2021).
  8. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений : учебно-методическое пособие / Волков А. С., Дмитриенко Е. А., Машталер С. И. [и др.]. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. – 122 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbook-shop.ru/93867.html> (дата обращения: 01.09.2021).
  9. ENV 1991-1:1994. Eurocode – Basis of structural design = (Основы проектирования конструкций) : This European Standard was approved by CEN on 27 May 1994. – Brussels : CEN, 1994. – 87 p. – (European Standard). – Текст : непосредственный.
  10. Economic effect of metallic corrosion in the United States. Part I / L. H. Bennett, J. Kruger, R. L. Parker [et al.] // A report to the Congress by the National Bureau of Standards. – Washington : National Bureau of Standards, 1978. – № 511/1. – 72 p. – Текст : непосредственный.
  - www.iprbookshop.ru/92325.html. – (date of access: 01.09.2021).
  4. Methodology and standards for determining the cost of operating industrial buildings at the design stage / Tsnipromzdaniya. – Moscow : [s. n.], 2008. – 38 p. – Text : direct. (in Russian)
  5. Recommendations for ensuring the reliability and durability of reinforced concrete structures of industrial buildings and structures during their reconstruction and restoration / Kharkiv Promstroyniiproekt. – Moscow : Stroyizdat, 1990. – 176 p. – Text : direct. (in Russian)
  6. Chirkov, V. P. Forecasting the service life of reinforced concrete structures : a textbook on the discipline «Fundamentals of the theory of designing building structures». – Moscow : MIIT 1997. – 56 p. – Text : direct. (in Russian)
  7. Goncharova L. A.; Changli V. S.; Prokopenko A. V. Marketing : a textbook. – Makeyevka : Donbass National Academy of Construction and Architecture, EBS DIA, 2019. – 218 p. – Text : electronic. – In: *Electronic library system IPR BOOKS* : [website]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/92339.html>. – (date of access: 01.09.2021).
  8. A. S. Volkov; Dmitrenko E. A.; Mashtaler S. N. [et al.] Survey of building structures of buildings and structures : an educational and methodological manual. – Makeyevka : Donbass National Academy of Construction and Architecture, EBS DIA, 2019. – 122 p. – Text : electronic. – In: *Electronic library system IPR BOOKS* : [website]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/93867.html>. – (date of access: 01.09.2021).
  9. ENV 1991-1:1994. Eurocode – Basis of structural design : This European Standard was approved by CEN on 27 May 1994. – Brussels : CEN, 1994. – 87 p. – (European Standard). – Text : direct.
  10. Bennett L. H.; Kruger J.; Parker R. L. [et al.] Economic effect of metallic corrosion in the United States. Part I. – In: *A report to the Congress by the National Bureau of Standards*. – Washington : National Bureau of Standards, 1978. – № 511/1. – 72 p. – Text : direct.

**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.

**Гончарова Лада Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента строительных организаций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экономика и управление национальным хозяйством.

**Хомич Вера Ивановна** – магистрант кафедры менеджмента строительных организаций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экономика и управление национальным хозяйством.

**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.

**Гончарова Лада Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри менеджменту будівельних організацій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: економіка і управління національним господарством.

**Хоміч Віра Іванівна** – магістрант кафедри менеджменту будівельних організацій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: економіка і управління національним господарством.

**Levchenko Victor** – Ph.D (Engineering), Professor, Vice-rector in education and pedagogic activities the 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.

**Goncharova Lada** – Associate Professor of the Department of Management of Construction Organizations the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economics and management of the national economy.

**Khomich Vera** – Master's student of the Department of Management of Construction Organizations the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economics and management of the national economy.