

## УЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ КОРРОЗИЙНОЙ СТОЙКОСТИ

В. Н. Левченко, к.т.н., профессор; Е. О. Брыжатая, к.т.н.; В. П. Попова; М. В. Баклыков  
ФГБОУ ВО «ДОННАСА», г. Макеевка

*Аннотация.* Долговечность зданий и сооружений при её оценке экономическими расчетами осуществляется через эксплуатационные затраты. Выбор той или иной конструкции производится по минимальным приведенным затратам, учитывающим затраты на реновацию, амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт. В статье приведена методика определения эксплуатационных затрат.

Методика определения экономической эффективности антикоррозийной защиты строительных конструкций основывается на достижениях экономической науки в области разработки методов оценки эффективности капитальных вложений и новой техники.

Вопросы, связанные с экономической оценкой проектных решений строительных объектов, не нашли должного отражения в нормативных документах и поэтому возникла необходимость создания методических указаний по экономической оценке объёмно- планировочных и конструктивных решений.

Из разработанных методических указаний следует отметить указания по оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений, разработанные НИИЭС с участием других организаций. К тому же времени относятся проведенные в лаборатории экономики НИИЖБ исследования по определению экономической эффективности антикоррозийной защиты строительных конструкций, результатом которых явилось «Руководство по определению экономической эффективности антикоррозийной защиты строительных конструкций промышленных зданий и сооружений [5, 6].

*Ключевые слова:* долговечность, амортизация, реновация, эксплуатационные затраты, окупаемость.



*Левченко  
Виктор Николаевич*



*Брыжатая  
Екатерина Олеговна*



*Попова  
Валентина Петровна*



*Баклыков  
Максим Владимирович*

Проведенные в НИИЖБ исследования по обобщению опыта применения методических указаний и руководства в экономических расчетах позволили выявить ряд теоретических недостатков в отдельных методических положениях и формулах, особенно в части учета различной долговечности строительных конструкций и эксплуатационных затрат.

Например, при расчете полных приведенных затрат по сравниваемым вариантам проектных решений рекомендовалось среднегодовые эксплуатационные затраты учитывать за расчетный срок окупаемости капитальных вложений. При этом не указывался порядок определения среднегодовых эксплуатационных затрат и нарушался рекомендованный ранее принцип приведения разновременных затрат к началу базисного года.

При сопоставлении строительных материалов и конструкций с различными сроками службы отступали от установленного ранее положения о подсчете полных приведенных затрат по каждому из сравниваемых вариантов и рекомендовали определять затраты за срок службы более долговечного варианта конструкции, а не за срок службы здания, конструкции которого сравниваются.

Приведенные сравнительные расчеты экономической эффективности вариантов антикоррозионной защиты железобетонных плит покрытий различными лакокрасочными материалами показали, что при использовании бывшей методики СН 423-71 вариант

защиты, обладающий большим сроком службы и обеспечивающий повышение долговечности конструкции, оказался экономически неэффективным. В то же время сравнительный расчет тех же вариантов защиты по разработанному НИИЖБ Руководству приводит к логическому результату: экономическому эффекту 4 200 руб. на 1 м<sup>2</sup> для более долговечного покрытия.

Следует попутно отметить, что принятая в других более поздних методических материалах НИИЭС и ЦНИИПромзданий ошибочная методика определения среднегодовых эксплуатационных затрат на текущие и капитальные ремонты исходила из сметной стоимости здания или конструкции «в деле» с использованием нормы амортизации основных фондов, что также приводило к отрицательным результатам в случаях, когда первоначальная стоимость здания (конструкции) повышенной долговечности была больше, чем начальная стоимость варианта с меньшей долговечностью.

При оценке эффективности противокоррозионной защиты строительных конструкций с использованием достижений науки и техники необходимо учитывать совокупные народнохозяйственные приведенные затраты в сферах разработки, создания и эксплуатации строительных объектов. Основные принципы определения интегрального (кумулятивного) экономического эффекта обоснованы в трудах А. Л. Лурье, В. В. Новожилова, Т. С. Хачатурова, В. Т. Красовского и других русских ученых-экономистов.

Опыт применения отраслевых методик указывает на необходимость разрешения остающихся спорными методических вопросов и создания единой типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.

Однако следует иметь в виду, что типовая методика должна содержать основные методические положения, так как она не может учитывать всех особенностей отраслей народного хозяйства, создания и эксплуатации отдельных видов новой техники и основных фондов.

В связи с указанным рассмотрим более подробно некоторые теоретические положения, которые имеют особое значение при оценке народнохозяйственной эффективности повышения коррозионной стойкости строительных материалов и долговечности конструкций производственных зданий и сооружений, эксплуатируемых в агрессивных средах [1, 2].

Для оценки экономической эффективности повышения стойкости строительных материалов и долговечности конструкций, т. е. свойств, проявляемых на стадии эксплуатации зданий и сооружений, особую роль приобретает приведение разновременных затрат по фактору времени.

Понятие «долговечность» неприменимо к материалам, а «срок службы» — к изделиям и конструкциям, так как материалы обладают стойкостью к различным воздействиям, а строительные конструкции — долговечностью. При этом срок службы для несущих строительных конструкций равен сроку службы здания или сооружения, элементами кото-

рого они являются. Сами же конструкции могут капитально ремонтироваться в течение срока службы (функционирования) строительного объекта.

При рассмотрении вопроса об учете долговечности строительных конструкций при экономическом сравнении вариантов предлагается определять затраты на капитальный ремонт основных конструкций зданий умножением себестоимости в деле на коэффициент  $g = 1,2$ . Это обосновывается повышением затрат на заработную плату при замене эксплуатируемой конструкции в сравнении с ее стоимостью при новом строительстве. Однако авторы не учитывают, что при капитальном ремонте здания не все основные конструкции заменяются — часть из них усиливается в той или иной степени в зависимости от результатов обследования технического состояния конструкций [4].

Рекомендуется затраты на текущий ремонт конструкций принимать в размере 50 % затрат на капитальный ремонт. При этом одновременно отмечается, что фактические затраты на текущий ремонт основных конструкций каменных зданий, по отчетным данным ряда европейских стран, составляют 30 % затрат на капитальный ремонт. Эксплуатационные затраты, связанные с проведением капитальных и текущих ремонтов, рассматриваются как среднегодовые расходы. Н. М. Лихтарников, Н. С. Летников, В. Н. Левченко [3] рекомендуют принимать среднегодовую величину суммарных эксплуатационных затрат на текущие и капитальные ремонты по формуле:

$$C_{\text{э}} = 1,35 \cdot \frac{C_{\text{к.д}}}{T_{\text{кр}}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{к.д}}$  — стоимость конструкции «в деле»;  
 $T_{\text{кр}}$  — периодичность осуществления капитального ремонта.

Размер же экономии при эксплуатации определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{э}} = \frac{C_{\text{э1}} - C_{\text{э2}}}{P_2 + E_H}, \quad (2)$$

Таким образом, эксплуатационные расходы рассматриваются как среднегодовые и практически учитываются за срок окупаемости капитальных вложений  $t = \frac{1}{E_H}$ , так как величина  $P_2$  для основных несущих строительных конструкций составляет 0,01 — 0,0125 (при сроке службы 80 — 100 лет) и не оказывает существенного влияния на знаменатель в формуле [2].

Покажем сказанное на примере определения эксплуатационных затрат на капитальные ремонты строительных конструкций и приведения этих затрат к началу расчетного года.

В первом случае рассмотрим среднегодовые затраты на капитальный ремонт, которые равны стоимости одного капитального ремонта, деленного на периодичность капитальных ремонтов  $C_{\text{кр}}/T_{\text{кр}}$ , а затем приведем их значение к началу эксплуатации делением на коэффициент приведения

$$\alpha = (1 + E)^t, \quad (3)$$

где  $t$  — годы от 1 до  $T_{\text{кр}}$ ;

$E$  — норматив приведения разновременных затрат. Соответствующие расчеты для первичности капитального ремонта от 10 до 60 лет приведены в табл. 1.

Для второго случая рассмотрим стоимость капитальных ремонтов  $C_{кр}$ , проводимых в течение срока службы здания  $T_c$  (от 30 до 100 лет) с периодичностью  $T_{кр} = 10-60$  лет.

В зависимости от количества капитальных ремонтов за срок службы здания  $T_c$ , стоимость ремонтов  $C_{кр}$  приводится к началу эксплуатации умножением на коэффициент

$$\frac{1}{a_i} = \frac{1}{(1+E)^i}, \quad (4)$$

где  $t$  – годы проведения капитальных ремонтов с периодичностью  $T_{кр}$ .

Значения коэффициента приведения разновременных затрат  $\alpha_i = (1+E)^i$ .

Таблица 1.

Результаты расчетов  
для первичности капитального ремонта

Время между моментом осуществления затрат и моментом приведения т, годы	Значения $\alpha_i$ для приведения затрат, осуществляемых до начала эксплуатации здания или сооружения, при E	
	0,08	0,10
1	1,08	1,10
2	1,17	1,21
3	1,26	1,33
4	1,36	1,46
5	1,47	1,61
6	1,59	1,77
7	1,71	1,95

При этом суммарный коэффициент приведения

$$\mu_{кр} = \sum_1^{\gamma_{кр}-1} \frac{1}{(1+E)^i}, \quad \text{где } \gamma_{кр} - 1 = \frac{T_c}{T_{кр}} - 1, \quad (5)$$

По результатам проведенных расчетов на рис. 1 изображен график зависимости приведенных по фактору времени затрат на капитальные ремонты ( $C_{кр} \cdot \mu_{кр}$ ) при двух различных методических подходах [2].

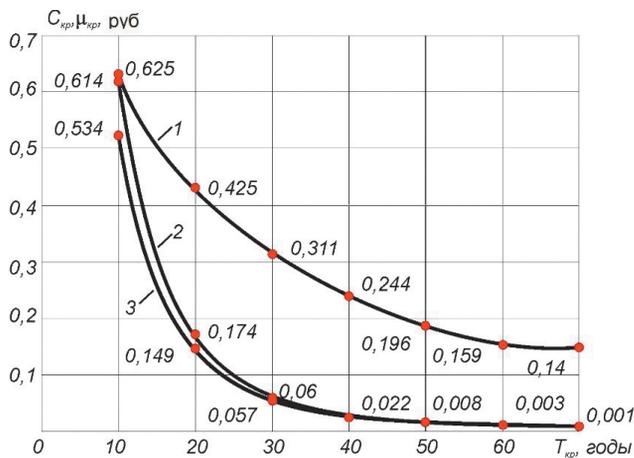


Рис. 1. Изменение приведенных затрат на капитальные ремонты в зависимости от способа их приведения к началу эксплуатации производственных зданий по фактору времени и периодичности проведения ремонтов ( $T_{кр}$ )

Таким образом, из рис. 1 следует, что для большинства строительных конструкций с межремонтными сроками службы 20-40 лет разница в величине приведенных затрат составляет от 2,5 до 10 раз. Если учесть, что принятый в первом случае прием определения среднегодовых затрат на капитальные ремонты является искусственным и не соответствует практике эксплуатации производственных зданий (капитальные ремонты конструкций никогда не проводятся ежегодно), то принятый в материалах НИИЖБ–81 способ учитывает экономические преимущества повышения долговечности конструкций и создает предпосылки для нахождения оптимальных межремонтных сроков службы основных строительных конструкций.

Особенностями эксплуатации строительных конструкций в агрессивных промышленных средах является необходимость возобновлений защитных покрытий с соблюдением определенной последовательности, а также учета возможных потерь от простоя размещенного в производственном здании технологического оборудования.

Срок службы зданий зависит от многих факторов, но в первую очередь определяется физико-механическими свойствами строительных конструкций и материалов. Кроме износа физического, когда конструкция приходит в негодность под воздействием агрессивных агентов среды, существует понятие морального снашивания конструкций и зданий. Оба они начинают проявлять себя сразу после сдачи объекта в эксплуатацию.

Учет фактора долговечности конструкций и зданий в экономических расчетах возможен через эксплуатационные затраты, которые идут на восстановление их первоначальной стоимости и поддержание потребительских свойств на уровне исходных условий.

Выбор той или иной конструкции из серии взаимозаменяемых часто сводится к выявлению суммы приведенных затрат. Экономически эффективной считается конструкция, суммарные приведенные затраты на которую оказываются минимальными  $\sum C_{пр} \rightarrow \min$ .

На самом деле взаимозаменяемые конструкции не характеризуются одинаковой долговечностью. Как правило, они потому и сравниваются, что представляют собой элементы, материальная природа которых довольно различна [7].

Издержки в сфере эксплуатации слагаются из амортизационных отчислений на реновацию, капитальный и текущий ремонт. Суммарные эксплуатационные затраты прямо зависят от сроков службы тех или иных конструкций в различных условиях их работы. Главным образом это относится к конструкциям из новых строительных материалов.

Б. М. Колотилкин [4] систематизировал материал по проблеме долговечности жилых зданий на опыте бывшего СССР и большинства европейских стран.

Обобщение результатов названных исследований, а также других работ по долговечности конструкций и зданий позволяет принять за ориентировочные следующие сроки службы конструкций жилых и общественных зданий (таблица 2).

Располагая данными о сроке службы той или иной конструкции, годовые отчисления на ее реновацию в рублях ( $C_p$ ) определяются по формуле:

$$C_p = \sum C_g + C_l T_{сл}, \quad (6)$$

где  $\sum C_g$  – себестоимость конструкции в деле (сумма себестоимостей: производства, транспорта, укладки в дело), руб.;

$C_l$  – ликвидационная часть себестоимости конструкций, руб.;

$T_{сл}$  – срок службы конструкции в годах.

Правомерным будет ликвидационную часть себестоимости при определении годовых отчислений на реновацию не учитывать. Тогда формула (1) примет вид:

$$C_p = \sum C_g + Q_1, \quad (7)$$

где  $Q$  – коэффициент изменения стоимости работ.

Таблица 2.

**Ориентировочные сроки службы конструкций  
жилых и общественных зданий**

Наименование конструкций	Ориентировочная долговечность в годах
А. Фундаменты	
Железобетонные и бетонные	
а) на тяжелых заполнителях	120
б) на искусственных пористых заполнителях	100
Бутобетонные и бутовые	120
Б. Перекрытия	
Железобетонные	
а) на тяжелых и искусственных пористых заполнителях	150
б) из плотного силикатобетона	60
в) из ячеистого бетона	50
В. Стены наружные (внутренние) из:	
сплошного глиняного кирпича со штукатуркой и расшивкой	100
сплошного и пустотелого глиняного кирпича с облицовкой фасадов силикатным кирпичом	70
керамзитобетонных и аглопористобетонных блоков и панелей	100
трехслойных панелей с минераловатным утеплителем	100
силикатобетонных панелей	80
газобетонных блоков и панелей	35

Стоимость затрат на замену конструкции при капитальном ремонте здания, как правило, выше стоимости ее нового строительства. Увеличение стоимости при замене конструкции по сравнению с новым строительством определяется в основном повышением затрат на заработную плату. Сопоставляя размер затрат на заработную плату, на новое строительство и ремонтные работы по одноименным конструкциям, в среднем можно принять  $q = 1,2$  [5].

Учет затрат на капитальный ремонт правомерен для зданий с элементами конструктивно неодинаково долговечными. Фактические затраты на текущий ремонт правомерен для зданий по отчетным данным крупных строительных организаций составляют 30 % от затрат на капитальный ремонт. Затраты на текущий ремонт конструкций ( $C_p$ ) для приближенных расчетов рекомендуется принимать в размере 50 % от затрат на капитальный ремонт.

В случаях неучета затрат на капитальный ремонт в экономических расчетах годовые отчисления на текущий ремонт можно принимать в размере 50 % от отчисления на реновацию, т.е.  $C_m = 0,5 C_p$ . Полные среднегодовые эксплуатационные расходы на конструкцию ( $C_3$ ) рассчитываются по формуле:

$$C_3 = C_p + C_k + C_m \quad (8)$$

Эксплуатационные расходы, рассчитанные по формуле (3), будут иметь отличную от приведенных затрат размерность. Соизмерение этих категорий затрат рекомендуется производить через нормативный срок окупаемости, равный для жилищного хозяйства 10 годам. Тогда суммарные приведенные затраты на строительную конструкцию в деле определяются выражением:

$$\sum C_{пр} = \sum C + \sum E_n K + 10 C_3, \quad (9)$$

где  $\sum C_{пр}$  – себестоимость производства, транспорта и укладки конструкции в дело, руб.;

$\sum E_n K$  – коэффициент эффективности и удельные капитальные затраты, руб.;

$C_3$  – полные среднегодовые эксплуатационные расходы на конструкцию, руб.

При экономической оценке строительных конструкций учет эксплуатационных затрат очень важен, так как позволяет избежать ошибки в выборе той или иной конструкции из серии взаимозаменяемых [6].

### ВЫВОДЫ

Учитывая эксплуатационные расходы на конструкцию в сумме приведенных затрат, можно с большей полнотой выявить народнохозяйственные издержки и дать сравниваемым конструкциям более объективную экономическую оценку. Экономические исследования эксплуатационных затрат и потерь от коррозии наиболее целесообразно выполнять в периоды проведения специализированными организациями обследований технического состояния строительных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред.

Список литературы

1. Левченко, В. Н. Анализ экономической эффективности проектирования строительных конструкций зданий и сооружений с учетом их надежности : учебное пособие [Текст] / В. Н. Левченко, С. Н. Машталер, А. В. Недорезов. – Макеевка : [б. и.], 2020. – 268 с.
2. Левченко, В. Н. Анализ методов оценки технического состояния и методология экономических обоснований повышения долговечности строительных конструкций при реконструкции зданий и сооружений: учебное пособие [Текст] / В. Н. Левченко, С. Н. Машталер. – Макеевка : [б. и.], 2021. – 272 с. – Текст : непосредственный.
3. Лихтарников, Я. М. Техничко-экономические основы проектирования строительных конструкций. Учебное пособие [Текст] / Я. М. Лихтарников, В. Н. Левченко. – Киев – Донецк: Вища школа, 1980. – 239 с.
4. Колотилкин, Б. М. Проблемы долговечности и надежности зданий [Текст] / Б. М. Колотилкин. – Москва : Знание, 1969. – 46 с.
5. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций, промышленных зданий и сооружений [Текст] / Харьковский Промстройниипроект. – Москва : Стройиздат, 1990. – 176 с.
6. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении [Текст] / Харьковский Промстройниипроект. – Москва : Стройиздат, 1990. – 176 с.
7. Economic effect of metallic corrosion in the United States. Part I [Текст] / 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.
8. Левченко, В. Н. Методика измерения показателей материалоемкости строительства и технико-экономические показатели ее снижения [Текст] / В. Н. Левченко, С. Н. Машталер, А. С. Волков [и др.] // Строитель Донбасса. 2023. № 3(24). С. 37-42.
9. Левченко, В. Н. Методика технико-экономической оценки рационального применения конструкций в промышленных зданиях и сооружениях [Текст] / В. Н. Левченко, Е. О. Брыжатая, О. Э. Брыжатый // Экономика строительства и городского хозяйства. 2023. ТОМ 19, № 2. С. 61-71.