ISSN 1993-3509 online
ЭКОНОМИКА СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА І МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ECONOMICS OF CIVIL ENGINEERING AND MUNICIPAL ECONOMY
2022, ТОМ 18, НОМЕР 3, 179–188
EDN: VUPNQD
УДК 69.059.004.15(08)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СТАДИИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. Н. Левченко [1], В. И. Кротюк [2], С. Н. Водолазский [3], Д. В. Овчаренко [4]
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.
E-mail: [1] v.n.levchenko@donnasa.ru, [2] vova_krotiuk@mail.ru,
[3] vodolazskiy.s.n-zpgs-52a@donnasa.ru, [4] ovcharenko.d.v-zpgs-52a@donnasa.ru

Получена 14 сентября 2022; принята 23 сентября 2022.

Аннотация. Обеспечение надежности зданий и сооружений в процессе их эксплуатации по мере ухудшения состояния отдельных элементов, узлов или объектов в целом может быть осуществлено путем профилактических ремонтов. Система профилактики предусматривает проведение в определенное время эксплуатации такого объема ремонтных работ, чтобы обеспечить безотказную работу всех элементов и системы в целом на следующий межремонтный период. Ремонтные работы направлены прежде всего на предотвращение возникновения отказов работы конструкций, которые в свою очередь ведут к увеличению материальных расходов. Косвенные материальные затраты, связанные с отказами, могут быть постоянными и возрастать в зависимости от времени существования отказа и зависят от многих факторов. В статье предложена методика анализа изменения величины приведенных расходов, связанных с обеспечением надежности конструкций, в зависимости от периодичности проведения плановых ремонтов.

Ключевые слова: надежность, безотказная работа, косвенные материальные затраты, эффективность, ремонтопригодность.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НА СТАДІЇ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В. М. Левченко [1], В. И. Кротюк [2], С. М. Водолазський [3], Д. В. Овчаренко [4]
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.
E-mail: [1] v.n.levchenko@donnasa.ru, [2] vova_krotiuk@mail.ru,
[3] vodolazskiy.s.n-zpgs-52a@donnasa.ru, [4] ovcharenko.d.v-zpgs-52a@donnasa.ru

Отримана 14 вересня 2022; прийнята 23 вересня 2022.

Анотація. Забезпечення надійності будівель і споруд у процесі їхньої експлуатації в міру погіршення стану окремих елементів, вузлів або об'єктів у цілому може бути здійснено шляхом профілактичних ремонтів. Система профілактики передбачає проведення в певний час експлуатації такого обсягу ремонтних робіт, щоб забезпечити безвідмовну роботу всіх елементів і системи в цілому на наступний міжремонтний період. Ремонтні роботи спрямовані перш за все на запобігання виникнення відмов роботи конструкцій, які у свою чергу ведуть до збільшення матеріальних витрат. Непрямі матеріальні витрати, пов'язані з відмовами, можуть бути постійними та зростати залежно від часу існування відмови і залежать від багатьох чинників. У статті запропоновано методику аналізу зміни величини приведених витрат, пов'язаних із забезпеченням надійності конструкцій, залежно від періодичності проведення планових ремонтів.

Ключові слова: надійність, безвідмовна робота, непрямі матеріальні витрати, ефективність, ремонтопридатність.

ENSURING THE RELIABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES AT THE STAGE OF THEIR OPERATION

Victor Levchenko [1], Vladimir Krotyuk [2], Sergei Vodolazskii [3], Daria Ovcharenko [4]

Donbas National Academy of Civil Engeneering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.
E-mail: [1] v.n.levchenko@donnasa.ru, [2] vova_krotiuk@mail.ru,
[3] vodolazskiy.s.n-zpgs-52a@donnasa.ru, [4] ovcharenko.d.v-zpgs-52a@donnasa.ru

Received 14 September 2022; accepted 23 September 2022.

Abstract. In order to ensure the reliability of exploiting buildings and constructions when some elements, joints or the whole constructions worsen, preventive maintenance should be fulfilled. The preventive system foresees carrying out a certain amount of work to provide the faultless operation of all the elements and the system as a whole for the next intermaintenance period. The repairs are focused on the prevention of some breakages in the constructions which in their turn lead to the increase of running costs. Indirect expenses connected with failures can be consistent and increase depending on how long they have been out of order and some other factors. This article offers some methods to analyze the involved expenses, which provide construction reliability, depending on frequency of routine repairs.

Keywords: reliability, faultless operation, indirect expenses, efficiency, reparability.

Ведение

Проблемы надёжности строительных конструкций привлекают заметное и всё возрастающее внимание в строительном мире. Это объясняется тем, что значительная часть зданий, сооружений и объектов инфраструктуры возведена 50–70 лет назад и находится в настоящее время в изношенном состоянии.

Многоплановая проблема надёжности железобетонных конструкций зданий и сооружений представляет собой совокупность ряда взаимосвязанных проблем: технологичности, надёжности, экономичности, а также экологических аспектов. Её решение должно осуществляться на основе системного анализа.

Анализ последних исследований и публикаций

Вопрос надёжности и долговечности становится очень актуальным, о чем свидетельствует значительное количество публикаций отечественных и зарубежных ученых, среди которых Л. М. Пухонто, Б. П. Расторгуев, В. Д. А. С. Райзер, В. П. Чирков, I. Clanvil, P. Clifton и др.

Работы этих ученых в основном были направлены на анализ факторов, влияющих на надёжность и долговечность строительных конструкций и сооружений.

Цель работы

Анализ планово-предупредительных ремонтов строительных конструкций для обеспечения надёжности зданий и сооружений.

Основной материал

Строительство зданий и сооружений, повышение их этажности, современное инженерное оборудование требуют повышения эффективности затрат на содержание и ремонт, улучшения их качества, совершенствования организационных и управленческих систем. На проектные, эксплуатационные и строительные органи-

зации возложены сложные организационно-технические задачи: длительное сохранение эксплуатационных качеств объектов; увеличение сроков службы конструкций между ремонтами; повышение качества выполнения ремонтно-строительных работ.

Решение этих задач может быть обеспечено правильной технической эксплуатацией, своевременно проводимыми текущими и капитальными ремонтами при одновременном снижении стоимости и трудоемкости содержания объекта [2]. Осуществление в необходимых объемах текущего и капитального планово-предупредительного ремонтов позволит достигнуть такого положения, при котором ремонт объекта будет не следствием наличия в нем неисправностей, а средством предупреждения износа конструкций и оборудования. Система планово-предупредительных ремонтов должна составлять комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий по техническому обслуживанию и проведению всех видов ремонтов с регламентированной последовательностью и периодичностью.

Качество, которое свойственно зданию или сооружению после сдачи в эксплуатацию, удовлетворяет потребителей только в том случае, если оно сохраняется в течение всего периода существования объекта [4].

Техническая эксплуатация здания или сооружения включает в себя обслуживание, текущий и капитальный ремонт. Обслуживание подразделяется на техническое и санитарно-гигиеническое. Техническое обслуживание – это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности конструкций и оборудования, а также экономичности их функционирования. Санитарно-гигиеническое обслуживание включает мероприятия по санитарной очистке зданий и территорий, их уборке и т. п. [5, 6].

Текущий ремонт обеспечивает постоянную работоспособность конструкций и инженерного оборудования путем наладки, регулировки и устранения мелких неисправностей. Основная цель текущего ремонта – предупреждение преждевременного износа зданий и сооружений.

Основная задача капитального ремонта – ликвидация физического и морального износа зданий и сооружений. При капитальном ремонте производится восстановление или замена изношенных конструкций и элементов объекта, обеспечивающих их постоянную эксплуатационную надежность [3].

Объемы и виды работ, выполняемые при текущем и капитальном ремонте, зависят от конструктивных особенностей объекта, его отдельных элементов, сроков службы, технического состояния, принятой системы профилактических работ, условий эксплуатации и т. п. Здесь необходимо обратить внимание на комплексность проблемы, ее взаимозависимость от технических, экономических, социальных и экологических вопросов. В этих условиях разработка системы планирования ремонтов, стратегии организации ремонтов является важнейшей задачей.

За весь срок службы объекта эксплуатационные и ремонтные затраты в 5–6 раз превышают первоначальные единовременные затраты на его сооружение. При этом требования к надежности и экономичности находятся в определенном противоречии: повышение надежности почти всегда неизбежно связано с удорожанием конструкций и оборудования, и наоборот, удешевление конструкций зачастую влечет за собой снижение уровня надежности. Вместе с тем следует отметить, что невыполнение своевременного ремонта объекта приводит к усиленному износу и старению и резкому увеличению его стоимости. Например, перенос капитального ремонта типового 5-этажного дома на 3–4 года после истечения нормативных сроков увеличивает его стоимость на 18...21 %.

Обеспечение надежности зданий и сооружений в процессе их эксплуатации по мере ухудшения состояния отдельных элементов, узлов или объекта в целом может быть осуществлено путем профилактических ремонтов. При такой профилактике основная задача не восстановление или замена отказавших элементов, а предупреждение отказов. Таким образом, система планово-предупредительных ремонтов состоит в проведении периодических ремонтов, объемы которых главным образом зависят от сроков службы и видов материалов и конструкций объекта [9, 10].

Постепенный переход от субъективного отбора зданий и сооружений к объективному на-

значению на ремонт в зависимости от срока эксплуатации и технического состояния представляет серьезное качественное изменение в подходе к капитальному ремонту. Если каждому объекту один раз в 9–15 лет выполнять капитальный ремонт, то за весь свой расчетный срок службы (ресурс) он будет соответствовать эксплуатационным требованиям. Налаженная система ремонтов по циклам (аналогично проведению ТО-1 и ТО-2 в системе обслуживания машин) позволит нормально содержать помещения объекта, избежать недоремонтов, удешевить и повысить эффективность ремонтов.

Система профилактики предусматривает проведение в определенное время эксплуатации такого объема ремонтных работ (включая и замену), чтобы обеспечить безотказную работу всех элементов и системы в целом на следующий межремонтный период. Таким образом, система планово-предупредительных ремонтов (ППР) подразумевает проведение плановых регламентированных работ. При этом объемы работ могут уточняться в зависимости от технического состояния конкретного объекта и его конструкций и оборудования. Внедрение научно обоснованной системы планово-предупредительных ремонтов обеспечивает безотказное содержание объекта, профилактическую, предупредительную функцию ремонтных мероприятий, постоянную надежность конструкций, элементов и инженерного оборудования [8].

Единство организационных и научно-технических мероприятий, направленных на проведение строго периодически и в определенной последовательности различных видов ремонтов зданий и сооружений с целью максимального предупреждения отказов работы их элементов, является принципиальным подходом к технической эксплуатации объектов. Система ППР зданий и сооружений повышает эффективность и экономичность эксплуатации.

Внедрение указанной системы связано с решением следующих задач: обеспечение длительного сохранения зданий и сооружений, их элементов и конструкций в нормальном техническом состоянии; увеличение сроков службы элементов и конструкций, увеличение межремонтных периодов; снижение стоимости и трудоемкости технической эксплуатации и ремонта; совершенствование форм управления эксплуатацией, структур и мощностей ремонтно-строительных организаций; качественное диагностирование зданий, постоянное накопление информации о техническом состоянии их элементов и конструкций в динамике (мониторинг технического состояния зданий и сооружений); повышение качества ремонтных работ, организация поэтапного контроля [7].

На основании имеющегося опыта разработки и внедрения системы ППР разработана программа мероприятий, рекомендованных к внедрению во всех регионах страны. Основное содержание мероприятий – это программное, целевое и комплексное обследование зданий и сооружений, научно обоснованная периодичность ремонта с учетом особенностей региона, создание специализированных проектных, эксплуатационных и ремонтно-строительных организаций.

Необходимо, чтобы уже при проектировании здания или сооружения были решены вопросы содержания, обслуживания и ремонта: способы и механизация уборки, вывоз мусора; диспетчеризация и автоматизация контроля и управления за работой инженерного оборудования; закладные детали для механизации ремонтных работ (например, для подвески люлек, установки подъемников и т. п.). Проектировщики должны предусмотреть способы и механизмы для ремонта часто заменяемых элементов без выполнения значительных сопутствующих работ.

В течение всего срока службы здания (сооружения) существует объективная необходимость нести материальные расходы на эксплуатацию. Эти затраты можно разделить на три группы[1]:

– связанные с содержанием здания и прилегающей территории. Сюда выделяются средства на санитарное содержание (уборка, вывоз мусора), благоустройство помещений и территории, дополнительные нужды (охрана, устройство технических средств обеспечения контроля и правопорядка, например, установка систем видеонаблюдения, домофонов и т. п.);
– связанные с инженерным жизнеобеспечением здания – оплата услуг по предоставлению тепла, воды, электроэнергии, канализации и т. д., включая расходы, связанные с техническим обслуживанием инженерных систем;

– связанные с обеспечением требуемого уровня надежности конструкций и инженерного оборудования здания.

Обеспечение надежности здания (сооружения) на стадии эксплуатации достигается за счет проведения ремонтов двух типов: планово-профилактических, направленных на предотвращение возникновения отказов, и аварийных, предназначенных для ликвидации отказов и восстановления работоспособности объекта таким образом, чтобы влияние отказа на потребителей было наименьшим.

Количество плановых ремонтов, выполняемых в процессе эксплуатации, зависит от назначаемой периодичности их проведения. Пусть в течение некоторого времени T плановые ремонты проводятся $N_{пл}$ раз. Если затраты, связанные с проведением каждого планового ремонта, составляют величину $C_{пл}$, то в единицу времени (например, в год) на проведение плановых ремонтов всегда, на протяжении срока службы объекта, требуется выделение средств в объеме:

$$\frac{C_{пл} \cdot N_{пл}}{T} \text{ (руб./ед. времени).} \qquad (1)$$

Надежность любого объекта не может быть абсолютной. Всегда существует, в большей или меньшей степени, вероятность отказа, т. е. всегда имеется потребность в выполнении аварийных ремонтов. Эти ремонты заранее нельзя запланировать, но, используя аппарат теории надежности, можно прогнозировать математическое ожидание количества аварийных ремонтов на некотором временном интервале в зависимости от условий эксплуатации объекта. Пусть это будет некоторое число $N_{ав}$. Зная величину затрат, связанных с ликвидацией отказа $C_{ав}$, можно рассчитать объем средств, требуемых на аварийные ремонты в единицу времени:

$$\frac{C_{ав} \cdot N_{ав}}{T} \text{ (руб./ед. времени).} \qquad (2)$$

В большинстве случаев возникновение отказа приводит к прямым или косвенным дополнительным материальным потерям, не связанным непосредственно с ликвидацией отказа (рис. 1). Прямые материальные потери это затраты на непроизводительные расходы воды, тепла и т. п., вызванные, например, утечками в трубопроводах. К косвенным материальным потерям относятся расходы, связанные с восстановлением конструкций и оборудования, поврежденных из-за отказа сопряженного с ними элемента. Например, отказ кровли приводит к протечкам в помещениях, порче имущества. Отказавший элемент – кровля, на восстановление которой расходуются средства, предназначенные для аварийных ремонтов. Дополнительно приходится расходовать средства на ремонт помещений, материальную компенсацию убытков, нанесенных протечками, и т. д. К косвенным материальным потерям относятся

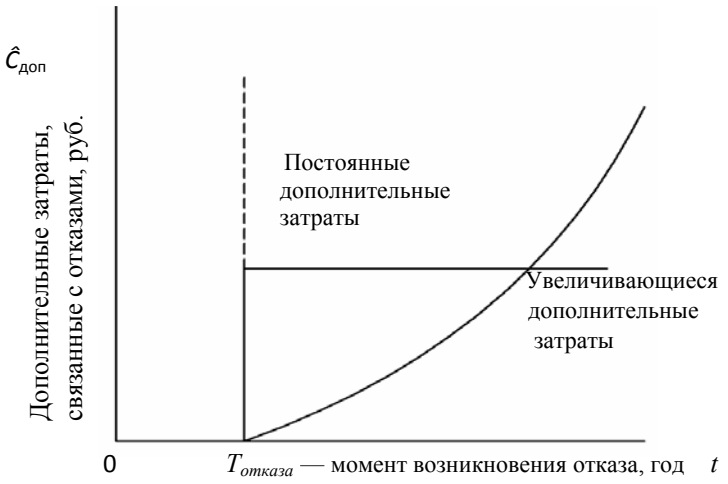

Рисунок 1 – Варианты изменения во времени дополнительных затрат, связанных с отказами.

дополнительные материальные затраты, связанные с тем, что при некоторых видах отказов увеличивается, по сравнению с требуемым, потребление электроэнергии, воды и других видов энергии. Еще одно проявление косвенных материальных потерь – это снижение (вплоть до полного прекращения) размера платежей за услуги, предоставляемые с недостаточным уровнем надежности.

Косвенные материальные затраты, связанные с отказами, могут быть постоянными или возрастать в зависимости от времени существования отказа.

Величина косвенных материальных затрат зависит от многих факторов и для каждой конструкции и инженерного оборудования определяется индивидуально. Количество случаев, когда возникает потребность в косвенных материальных затратах, равно числу аварийных ремонтов. Тогда ожидаемая величина косвенных материальных затрат в единицу времени определяется по формуле:

$$\frac{C_{доп} \cdot t_{отк} \cdot N_{ав}}{T} \text{ (руб./ед. времени).} \quad (3)$$

где $C_{доп}$ – удельный объем дополнительных прямых и косвенных материальных затрат, связанных с отказом, в единицу времени;

$t_{отк}$ – продолжительность существования отказа.

В тех случаях, когда косвенные материальные затраты, связанные с отказом, не зависят от времени, в формуле $t_{отк}$ принимается равным единице.

В процессе эксплуатации первоначальная стоимость конструкции и оборудования из-за износа и старения уменьшается (рис. 2). При назначенной периодичности выполнения плановых ремонтно-восстановительных работ желательно максимально использовать ресурс элементов здания. Кроме того, при выполнении планово-предупредительных ремонтов технологических групп оборудования остаточный ресурс является критерием выбраковки элементов. При устранении неисправностей аварийного характера остаточный ресурс является одним из основных факторов для определения степени восстановления минимальное восстановление или замена конструкции, или оборудования. В любом случае определение остаточного ресурса связано с экономическим обоснованием проведения эксплуатационных мероприятий [9, 10].

Конструкции и оборудование зданий независимо от времени эксплуатации обладают остаточной стоимостью $C_{ост}$, которая изменяется пропорционально наработке и рассчитывается по формуле:

$$C_{ост} = \frac{C_{нач} \cdot T_{ост}}{T_{ср}}, \quad (4)$$

где $T_{ср}$ – средний срок службы конструкции (оборудования);

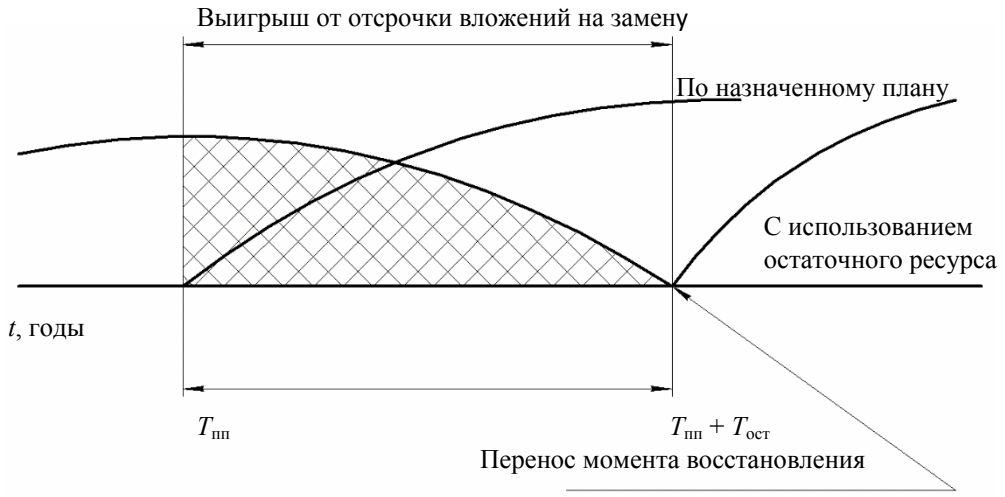

Рисунок 2 – Остаточный ресурс конструкции.

$T_{ост}$ – остаточный срок службы;

$C_{нач}$ – первоначальная стоимость конструкции [1].

Для некоторых элементов здания остаточная стоимость может быть определена в зависимости от соотношения назначенного периода проведения плановых ремонтов $T_{пл}$ и среднего срока службы элемента $T_{ср}$ по формуле:

$$C_{ост} = C_{нач} \cdot k_{ост}, \qquad (5)$$

где $k_{ост}$ – коэффициент, значения которого приведены в таблице 1.

Сумма рассмотренных составляющих материальных вложений, отнесенная к периоду проведения плановых ремонтов $T_{пл}$, называется приведенными затратами, связанными с обеспечением надежности конструкций и оборудования зданий:

$$C_{пр} = \frac{C_{пл} \cdot N_{пл} + C_{ав} \cdot N_{ав} + C_{доп} \cdot t_{отк} \cdot N_{ав} \cdot \frac{T_{пл}}{T_{ср}}}{T_{пл}}. \qquad (6)$$

При изменении периода между плановыми ремонтами происходит нелинейное изменение

Таблица 1 – Коэффициенты для определения остаточного ресурса конструкций

Показатель	Соотношение периода проведения плановых ремонтов и среднего срока службы конструкции $T_{пл}/T_{ср}$					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Коэффициент $k_{ост}$	0,646	0,461	0,352	0,282	0,234	0,2
$T_{пл}/T_{ср}$	4	4,5	5	5,5	6	6,5
$k_{ост}$	0,153	0,137	0,124	0,113	0,104	0,097

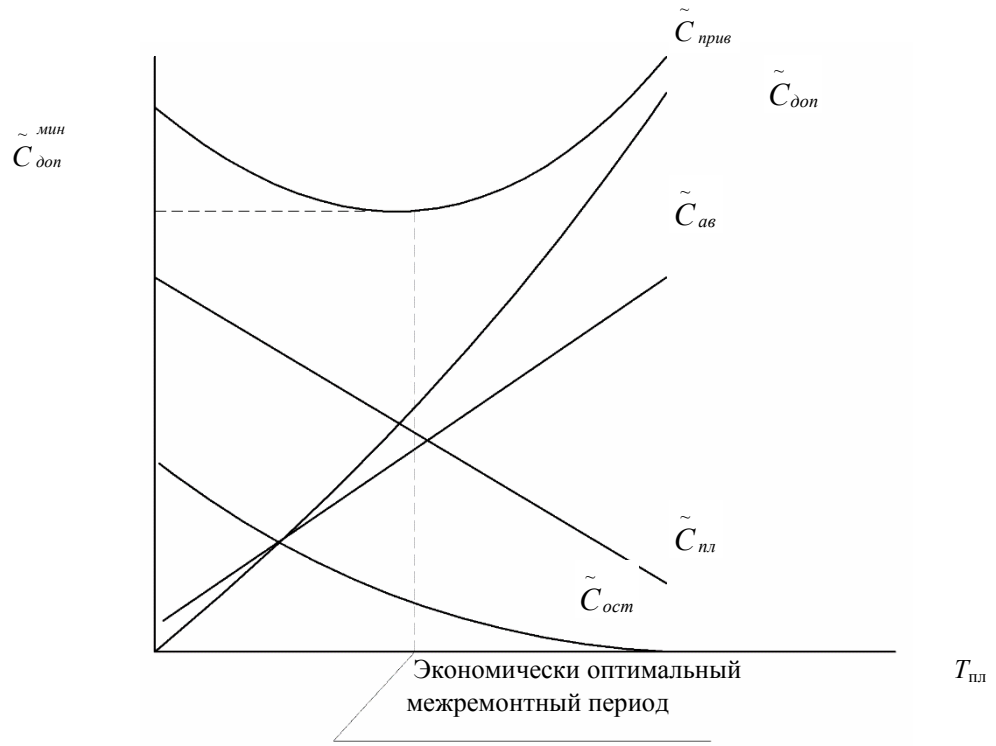

Рисунок 3 – Изменение величины приведенных затрат, связанных с обеспечением надежности конструкций, в зависимости от периодичности проведения плановых ремонтов.

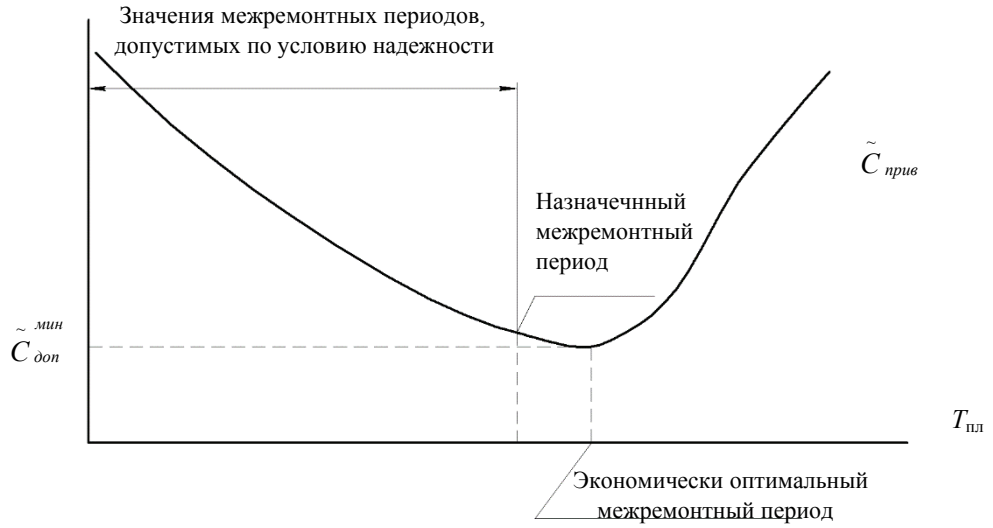

Рисунок 4 – Назначение межремонтного периода по критериям надежности и экономичности: изменение интенсивности приведенных затрат в зависимости от продолжительности межремонтного периода и минимальное значение интенсивности приведенных затрат.

приведенных затрат (рис. 3). Например, при увеличении межремонтного периода приведенные затраты на плановые ремонты и остаточная стоимость конструкции уменьшаются. При увеличении периодичности плановых ремонтов всегда увеличивается число отказов в единицу времени $N_{ав}$ и возрастают значения приведенных затрат на выполнение аварийных ремонтов, а также T дополнительных затрат, связанных с отказами. При варьировании приведенных затрат и изменении периодичности ремонтов можно получить минимальное значение суммарных приведенных затрат. Межремонтный период, при котором приведенные затраты имеют наименьшее значение, называется экономически оптимальным периодом проведения плановых ремонтов. При перспективном планировании ремонтов надо стремиться к их назначению с учетом экономически оптимального периода. Поскольку главным условием планирования ремонтов является обеспечение надежности конструкций и оборудования, в некоторых случаях экономически оптимальный межремонтный период может не удовлетворять требованиям надежности (рис. 4).

Выводы

Многолетний анализ состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений показывает, что действительно в отдельных случаях экономически оптимальный ремонт конструкций не в полной мере обеспечивает надежность и долговечность строительных конструкций. В этом случае из всех допустимых по требованиям надежности межремонтных периодов следует выбирать тот, при котором приведенные затраты имеют наименьшее значение.

Литература

1. Агаджанов, В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных

References

1. Agadzhanov, V. I. Economics of increasing durability and corrosion resistance building

конструкций / В. И. Агаджанов. – Москва : Стройиздат, 1988. – 144 с. – Текст : непосредственный.
2. Барашиков, А. Я. Оценка технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений / А. Я. Барашиков, А. Н. Малышев. – Киев : НМЦ Держнагляд охорон праці Украины, 1998. – 232 с. – Текст : непосредственный.
3. Лычев, А. С. Надежность строительных конструкций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство» / А. С. Лычев. – Москва : Ассоциации строительных вузов, 2008. – 174 с. – Текст : непосредственный.
4. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений / Научно-исследовательский институт экономики строительства Госстроя СССР. – Москва : [б. и.], 1973. – 126 с. – Текст : непосредственный.
5. Райзер, В. Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций / В. Д. Райзер. – Москва : Стройиздат, 1995. – 352 с. – Текст : непосредственный.
6. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьковский Промстройниипроект. – Москва : Стройиздат, 1990. – 176 с. – Текст : непосредственный.
7. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / ХарьковскийПромстройниипроект. – Москва : Стройиздат, 1990. – 176 с. – Текст : непосредственный.
8. Чирков, В. П. Надежность и долговечность железобетонных конструкций зданий и сооружений / В. П. Чирков. – Текст : непосредственный // Российская архитектурно-строительная энциклопедия. – 1998. – Том V. – С. 86–177.
9. Clanvil, I. Prediction of Concrete Durability / I. Clanvil, A. Neville, G. Sommerville. – London : EFN Spon, 1996. – 208 p. – Текст : непосредственный.
10. Clifton, P. I. Preheating the life of concrete / P. I. Clifton. – Текст : непосредственный // ACI. Materials Journal. – 1993. – № 6. – P. 611–617.

structures / V. I. Agadzhanov. – Moscow : Stroyizdat, 1988. – 144 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Barashikov, A. Ya.; Malyshev, A. N. Assessment of the technical condition of building structures of buildings and structures. – Kyiv : NMC Derzhnaglyad protection practice of Ukraine, 1998. – 232 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Lychev, A. S. Reliability of building structures : a textbook for students, students in the direction 653500 «Construction». – Moscow : Association of Construction Universities, 2008. – 174 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Guidelines for the feasibility study of design solutions industrial buildings and structures / Research Institute economics of construction Gosstroy of the USSR. – Moscow : [s. n.], 1973. – 126 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Raiser, V. D. Calculation and regulation of the reliability of building structures. – Moscow : Stroyizdat, 1995. – 352 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Recommendations for ensuring the reliability and durability of reinforced concrete structures of industrial buildings and structures during their reconstruction and restoration. – In: *Kharkov Promstroyniproekt*. – Moscow : Stroyizdat, 1990. – 176 p. – Text : direct. (in Russian).
7. Kharkov Promstroyniproekt. Guidelines for Determining the Cost-Effectiveness of Quality Improvement and durability of reinforced concrete structures of industrial buildings and structures during their reconstruction and restoration. – Moscow : Stroyizdat, 1990. – 176 p. – Text : direct. (in Russian)
8. Chirkov, V. P. Reliability and durability of reinforced concrete structures of buildings and structures. – Text : direct. – In: *Russian architectural and building encyclopedia*. – 1998. – Volume V. – P. 86–177. (in Russian)
9. Clanvil, I.; Neville, A.; Sommerville, G. Prediction of Concrete Durability. – London : EFN Spon, 1996. – 208 p. – Text : direct.
10. Clifton, P. I. Preheating the life of concrete. – Text : direct. – In: *ACI. Materials Journal*. – 1993. – № 6. – P. 611–617.

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 экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Кротюк Владимир Игоревич – асистент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние повышенных температур и увлажнения на прочность и деформацию высокопрочного бетона.

Водолазский Сергей Николаевич – магистрант кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научный интерес: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Овчаренко Дарья Владимировна – магистрант кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научный интерес: проектирование экономичных 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 ДОУ 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.

Кротюк Володимир Игоревич – ассистент кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив підвищених температур і зволоження на міцність і деформацію високоміцного бетону.

Водолазський Сергій Миколайович – магістрант кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ 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.

Овчаренко Дар'я Володимирівна – магістрант кафедри залізобетонних конструкцій ДОУ 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. (Engineering), Professor; Vice-rector in education and pedagogic activities, 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.

Krotyuk Vladimir – assistant, Department of Rein forsed Concrete Structures, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the effect of elevated temperatures and moisture on the strength and deformation of high-performance concrete.

Vodolazskii Sergei – master's student, Department of Rein forsed Concrete Structures, 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.

Ovcharenko Daria – master's student, Department of Rein forsed Concrete Structures, 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.