



ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ

В.П. Мущанов, О.В. Шеліхова

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.*

Отримана 11 липня 2005; прийнята 5 вересня 2005

Анотація. У статті розглянуто необхідність оцінки показників безпеки електромережових конструкцій за даними натурних обстежень, що викликана зростанням частки застарілих фондів електричних мереж та розширенням галузі застосування результатів оцінки технічного стану, що потребують визначення чисельної міри безпеки, наприклад, при купівлі-продажу, оцінці ринкової вартості або страхуванні об'єктів. Обґрунтоване введення у будівельну практику принципів нормування конструктивної безпеки електромережових об'єктів, що дозволять знизити важкість наслідків аварій, надати власникам ліній гарантії якості на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій, планувати заходи щодо попередження аварій техногенного характеру.

Ключові слова: безпека будівельних конструкцій, конструктивний ризик, страхування конструктивних ризиків, вартість ремонтів електромережових конструкцій.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.Ф. Мущанов, Е.В. Шелихова

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.*

Получена 11 июля 2005; принята 5 сентября 2005

Аннотация. В статье рассмотрена необходимость оценки показателей безопасности электросетевых конструкций по данным натурных обследований, вызванная высоким ростом доли старых фондов электрических сетей и расширением области применения результатов оценки технического состояния, требующих определения численной меры безопасности, например, при купле-продаже, оценке рыночной стоимости или страховании объектов. Обосновано введение в строительную практику принципов нормирования конструктивной безопасности электросетевых объектов, которые позволят снизить тяжесть последствий аварий, предоставит владельцам линий гарантии качества на всех стадиях жизненного цикла конструкций, планировать меры по предупреждению аварий техногенного характера.

Ключевые слова: безопасность строительных конструкций, конструктивный риск, страхование конструктивных рисков, стоимость ремонтных электросетевых конструкций.

ECONOMIC EFFICIENCY OF PROVIDING SAFETY OF OPERATED ELECTRICAL NETWORK CONSTRUCTIONS

V.P. Mushchanov, O.V. Shelikhova

*Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzavin str., 86123, Makiyivka, Ukraine.*

Received July 11, 2005; accepted September 5, 2005

Abstract. The necessity of safety data estimation of electrical network constructions according to the natural inspections, caused by the increase of old electric network funds and field of application expansion of the results of technical condition's estimation growth, is considered. The procedure of economic calculation of construction safety data and possibility of its usage for the building structures' insurance is illustrated. The authors give recommendations of safety control of constructions based on the principles of economic responsibility.

Key words: building structures safety, constructional risk, insurance of building structures, insurance rate.

По данным Минэнерго Украины в энергосистемах страны в настоящее время эксплуатируется около 950 тыс. км воздушных линий электропередач. Причем электросетевые конструкции составляют 8,2 % в общем объеме металлоконструкций. Поскольку около 35 % существующих высоковольтных линий (ВЛ) введено в эксплуатацию более 30 лет назад, то степень износа электросетевых конструкций достаточно высока (в среднем достигает 40 %).

По оценкам специалистов главными причинами аварий электросетевых конструкций является несвоевременное выполнение работ по восстановлению разрушенной антикоррозионной защиты, усилению прокорродировавших элементов и узлов, ремонту фундаментов и т.д., в основном из-за недостаточности средств на поддержание конструкций в работоспособном состоянии. Поэтому одной из основных задач обеспечения их безопасной эксплуатации является поиск новых форм финансирования указанных работ. Очевидно, что в необходимом объеме они не могут быть выполнены ни за счет бюджетных средств, ни за счет предприятий электрических сетей. При этом, учитывая ограниченность материальных, трудовых и финансовых ресурсов, актуальными остаются вопросы технико-экономического анализа мероприятий по обеспечению безопасности с

учетом стоимости дальнейшей эксплуатации и ликвидации последствий отказов конструкций.

В работах 1,2,3 поставлены вопросы создания системы управления надежностью на основе выработки взаимосвязанных критериев качества конструкций на всех этапах их жизненного цикла. Отмечено, что в качестве "сквозного" критерия может быть выбрана мера риска отказа эксплуатируемой конструкции. Для практического применения такого критерия необходима разработка эффективной системы управления безопасностью.

Управление безопасностью эксплуатируемых электросетевых объектов должно осуществляться по результатам оценки конструктивных рисков и базироваться на принципах экономической ответственности.

Методы расчетной оценки и нормирования конструктивного риска позволяют обозначить оптимальную схему управления качеством эксплуатируемых несущих конструкций с целью обеспечения заданного уровня конструктивной безопасности, осуществляться через механизм страхования и основываться на информации о текущих значениях конструктивных рисков, формируемой в процессе экспертной оценки технического состояния объекта. Поскольку в составе страховых компаний нет высококвалифицированных специалистов по оценке технического

состояния, она должна выполняться представителями специализированных организаций, имеющих соответствующие лицензии на выполнение таких работ в рамках предстрахового консалтинга.

В схеме управления конструктивной безопасностью способы ее регулирования определяются регламентом и правилами страхования. Следует отметить, что для страхования характерны замкнутые перераспределительные отношения между его участниками, связанные с раскладкой суммы ущерба вследствие аварий строительных конструкций на одном или нескольких объектах, на все объекты, вовлеченные в страхование. Подобная замкнутая раскладка ущерба основана на вероятности того, что число пострадавших объектов меньше участников страхования. Для организации замкнутой раскладки ущерба создается денежный страховой фонд целевого назначения, формируемый за счет фиксированных взносов участников страхования. Поскольку средства этого фонда используются лишь среди участников его создания, размер страхового взноса представляет собой долю каждого из них в раскладке ущерба. Поэтому, чем шире круг участников страхования, тем меньше размер страхового взноса, тем доступнее и эффективнее становится страхование.

Характерной чертой страхования является возвратность мобилизованных в страховой фонд платежей. Страховые платежи определяются на основе страховых тарифов, предназначенных для возмещения вероятного ущерба. Признак возвратности средств приближает страхование к категории кредита.

Основная задача, которая ставится при построении страховых тарифов, связана с определением вероятной суммы ущерба, приходящейся на единицу страховой суммы. Если тарифная ставка достаточно достоверно отражает вероятный ущерб, то обеспечивается необходимая раскладка ущерба между страхователями. Основная задача при расчете тарифных ставок: при минимальных тарифах, доступных широкому кругу страхователей, обеспечить достаточный объем страховой ответственности. С помощью доступных тарифных ставок достигается наименьшее изъятие части доходов страхователей в виде страховых платежей в

целях оказания им необходимой помощи из страхового фонда. Завышение тарифных ставок приводит к перераспределению через страховой фонд излишних средств, занижение, наоборот, к образованию дефицита финансовых ресурсов в страховом фонде и невыполнению страховщиком своих обязательств перед страхователями.

За счет средств, отчисляемых от страховых платежей, осуществляется финансирование соответствующих превентивных (направленных на предупреждение аварий и обрушений) мероприятий. То есть страховые отношения направлены на снижение вероятности наступления страховых случаев и смягчение страхового риска.

Правила страхования предусматривают непрерывную количественную оценку конструктивных рисков и осуществляемую на ее основе корректировку (увеличение или снижение) страхового платежа с целью достижения максимально точного соответствия между реальной подверженностью строительных конструкций риску аварии и вероятностью возникновения финансовой ответственности страховщика. Такая корректировка является основным экономическим регулятором конструктивной безопасности эксплуатируемых объектов, при котором владельцам основных фондов становится выгодно устранять критические дефекты и повреждения несущих конструкций или принимать меры для компенсации их негативного влияния на величину риска аварии.

В системе экономических отношений участников страхования конструктивных рисков регулятором конструктивной безопасности является корректировка страховых тарифов, обеспечивающая реальное соотношение "страховой взнос-качество объекта".

Для использования предложенного механизма страхования можно конкретизировать направления исследований следующим образом:

- на основе обоснованных расчетно-экспериментальным путем гарантированных интервалов конструктивных рисков исследовать функцию "затраты на безопасность - конструктивный риск" с целью оценки удельных затрат на поддержание безопасности электросетевых конструкций;
- разработать предложения по корректировкам

ке страховых тарифов в зависимости от фактического уровня конструктивной безопасности;

- разработать алгоритм функционально-стоимостного анализа при выборе варианта восстановления антикоррозионной защиты и вариантов усиления конструкций.

Указанные предложения нашли отражение при разработке методических указаний по оценке конструктивных рисков для осуществления инженерной и страховой защиты строительных конструкций зданий, сооружений и инженерных сетей территориального управления Госнадзорхрантруда Украины, главного управления градостроительства и архитектуры по Донецкой области и управления по чрезвычайным ситуациям и гражданской защите населения Облгосадминистрации.

Задача расчетно-аналитической оценки затрат, связанных с поддержанием установленных показателей качества и долговечности стальных конструкций, заключается в экономико-математическом моделировании конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, описывающих начальные условия формирования функции стоимости в соответствии с расчетной ситуацией. Построение оптимальной функции "риск — затраты на безопасность" связано с обоснованием гарантированных интервалов конструктивных рисков и сроков до перехода в аварийное состояние при заданных ограничениях $A_q(C)$ или $C(A_q)$.

Проблемы оценки ущербов от аварийных отказов и снижения эксплуатационной надежности электросетевых конструкций подробно рассматривались в работах 4,5. Однако, вопросы определения и прогнозирования удельных затрат на поддержание конструктивной безопасности в условиях эксплуатации во многом остались неразрешенными.

Поскольку выбор оптимального решения усиления и оптимальной антикоррозионной защиты обуславливают различные не обладающие существенной взаимной корреляцией параметры, то оптимизацию конструктивного решения и антикоррозионной защиты обычно рассматривают как две разные задачи.

Для обоснования целесообразности затрат на обеспечение безопасности путем страхования конструкций необходимо проанализиро-

вать интенсивность снижения риска аварии в зависимости от приращения удельных затрат на ремонтно-восстановительные работы. Сформулируем задачу следующим образом: пусть конструктивная безопасность снижается с интенсивностью ν . Предположим, что безопасность восстанавливается мгновенно и управление ею определяется двумя параметрами: нижним уровнем риска аварии $A_q(t)=1$ и верхним $A_q(t) = 1,62$. Как только риск аварии повышается до предельно допустимого значения, мгновенно предпринимаются меры по его снижению. Тогда для высоконадежных систем, каковыми являются электросетевые конструкции, можно записать:

$$A_q(t) = A_0 + \nu t - \Delta A_q \left[\frac{\nu t}{\Delta t} \right]. \quad (1)$$

Рассматривая функцию $A_q(t)$ на отрезке времени функционирования конструкции $[0;T]$ можно записать функционал стоимости в виде:

$$C(t) = C_0 + C(\Delta A_q) \left[\frac{\nu T}{\Delta A_q} \right]. \quad (2)$$

Полагая, что $A_q(t)$ есть непрерывная дифференцируемая функция времени, можно оптимизировать ее в любой момент времени.

Стоимость ремонтно-восстановительных работ в любой момент времени в зависимости от фактического уровня конструктивной безопасности как базового свойства качества конструкции математически выражается зависимостью (3)

$$C_p(t) = C_0 \left(\exp(x) - 1 \right). \quad (3)$$

где C_0 — полная восстановительная стоимость (стоимость воспроизведения бездефектной конструкции) в действующих на момент оценки ценах;

C_p — стоимость ремонтно-восстановительных работ по устранению риска;

$x = (A_{qd} - 1) / A_{qпр}$, где A_{qd} и $A_{qпр}$ — соответственно действительная и предельная величины конструктивного риска.

Учитывая, что основным видом поврежденный металлических электросетевых конструкций является коррозионный износ, рассмотрим изменение удельных затрат на устранение последствий коррозионного разрушения и возобновление антикоррозионной защиты в те-

чение заданного срока службы конструкции. В работе [6] приведен алгоритм расчета срока службы, при котором исчерпывается несущая способность элементов с учетом коррозионных поражений для различных эксплуатационных сред, условий эксплуатации, конструктивных параметров объекта. При этом глубина коррозионных поражений вертикально расположенной полки уголка определяется по формуле:

$$l_k^g = V_{ст} \cdot \tau^{k_{cm}}, \quad (4)$$

где $V_{ст}$ – средняя скорость коррозии стали;

k_{cm} – коэффициент степенной функции коррозии стали;

τ – срок службы элементов конструкции.

Глубина коррозионных поражений горизонтальной полки уголка l_k^c определяется с учетом угла наклона β элемента к горизонту. При угле наклона $\beta \leq 20^\circ$ глубина вычисляется как и для вертикальной полки. При угле наклона $\beta > 20^\circ$ глубина вычисляется увеличенной на 83% по сравнению с вертикальной полкой. Далее вычисляется средняя глубина коррозионных поражений:

$$l_k = (l_k^g + l_k^c) / 2. \quad (5)$$

Расчетная глубина коррозионных поражений определяется в зависимости от угла наклона элемента к горизонту с учетом влияния фактора высоты расположения элементов:

$$l = \alpha_f^\beta \cdot l_k. \quad (6)$$

Для определения средней глубины коррозионных повреждений использованы характеристики коррозионных сред, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость средней скорости коррозии стали от типа атмосферы

Тип атмосферы	Средняя скорость коррозии стали $V_{ст}$, мкм/год	Коэффициент степенной функции $k_{ст}$
сельская	16,0	0,60
городская	60,0	0,68
промышленная	95,0	0,73
приморская	35,0	0,65

Ослабление сечения в течение срока службы определялось по формуле:

$$\alpha_k = (t_{нач} - l) / t_{нач}. \quad (7)$$

Используя разработанную в настоящей работе методику, определим значения конструктивного риска в зависимости от ослабления сечения элементов в течение срока службы. Показатели конструктивной безопасности промежуточных опор ВЛ 110 кВ башенного типа при одинаковых усилиях в элементах в различных эксплуатационных средах изменяются следующим образом (табл. 1). Величина C_0 определена с учетом стоимости конструкции "в деле", площади окрашиваемой поверхности S , типа окрашиваемого профиля (площадь окрашиваемой поверхности 1тн конструкции составляет примерно 22 м²) и норм расхода лакокрасочных материалов (ЛКМ).

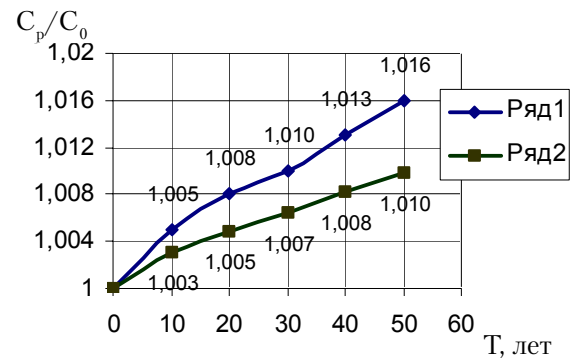


Рисунок 1. Зависимость ремонтно-восстановительных затрат от уровня конструктивной безопасности в условиях сельской атмосферы. 1 – относительный риск аварии; 2 – приращение удельных затрат на ремонт

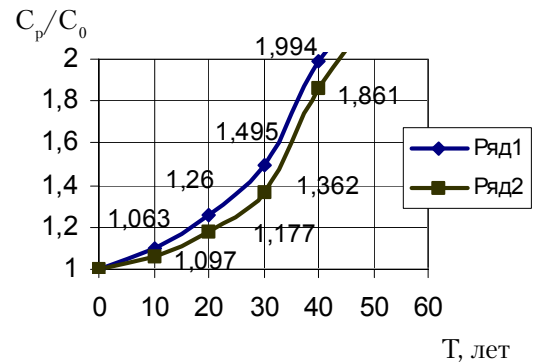


Рисунок 2. Зависимость ремонтно-восстановительных затрат от уровня конструктивной безопасности в условиях промышленной атмосферы. 1 – относительный риск аварии; 2 – приращение удельных затрат на ремонт

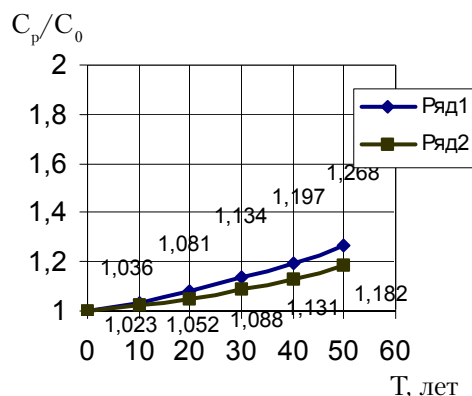


Рисунок 3. Зависимость ремонтно-восстановительных затрат от уровня конструктивной безопасности в условиях приморской атмосферы. 1 — относительный риск аварии; 2 — приращение удельных затрат на ремонты

Изменение удельных затрат (на 1 тн конструкции) на восстановление утраченного качества в зависимости от показателей риска представлено на рис. 1-4.

Детальные решения оптимизационных задач для выбора уровня допустимого риска требуют анализа достаточно больших объемов информации, при этом многие статистические данные оказываются недостаточно достоверными, а зачастую совсем недоступными (стоимость ремонтов по форме предприятий). Однако результаты численных исследований показали, что потребность в затратах на обеспечение конструктивной безопасности существенно отличается для конструкций, эксплуатируемых в разных по степени агрессивности средах, причем с увеличением срока службы эта потребность возрастает нелинейно. В то же время действующие нормы амортизационных отчислений на текущие ремонты не учитывают фактическое состояние строительных конструкций и предусматривают отчисления на текущие и профилактические ремонты 10 % в год

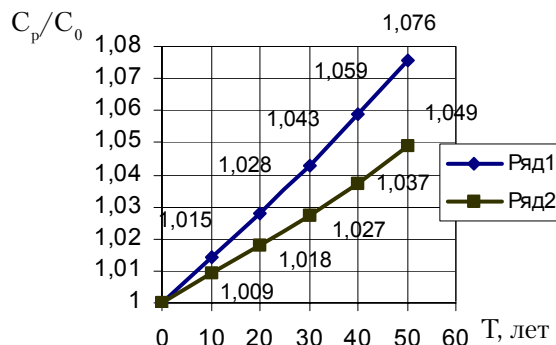


Рисунок 4. Зависимость ремонтно-восстановительных затрат от уровня конструктивной безопасности в условиях городской атмосферы. 1 — относительный риск аварии; 2 — приращение удельных затрат на ремонты

от начальной стоимости строительного объекта в течение всего срока службы. Как правило, суммы отводимых средств на текущие ремонты недостаточны и конструкции даже после выполнения ремонтно-восстановительных работ эксплуатируются с определенной долей риска.

В таблице 2 приведена потребность в затратах на устранение последствий коррозионного разрушения и возобновления антикоррозионной защиты на 1 тн конструкции в течение 30 лет.

Интенсивность механических повреждений невозможно прогнозировать в течение срока службы и это затрудняет оценку будущих затрат на обеспечение конструктивной безопасности. Однако, используя алгоритм оценки безопасности по фактическому состоянию конструкции можно рассчитать сумму средств на мероприятия, противодействующие риску в любой момент времени.

Введение страхования конструктивных рисков предусматривает такие оценки для того, чтобы страховые платежи не рассматривались

Таблица 2. Потребность в удельных затратах на ремонтно-восстановительные работы

Срок службы, лет	Потребность в удельных затратах C_p/C_0 (%) для типа атмосферы			
	сельская $V_{ст}=16\text{мкм/год}$	приморская $V_{ст}=35\text{мкм/год}$	городская $V_{ст}=60\text{мкм/год}$	промышленная $V_{ст}=95\text{мкм/год}$
10	0,3	0,9	2,3	6,3
20	0,5	1,8	5,2	17,7
30	0,7	2,7	8,8	36,6

как финансовый пресс на владельцев основных фондов и плата за риск соответствовала фактическому уровню качества конструкций. Плата за риск выражается через величину страхового тарифа, определяемого страховой компанией (обычно 1 2% от полной восстановительной стоимости объекта). Для того чтобы отразить фактический уровень безопасности, оцененный экспертами, для корректировки страховых тарифов необходимо классифицировать риски и ввести соответствующие коэффициенты. Тогда страхование станет своеобразным рычагом управления "уровнем безопасности", поскольку под давлением страховой компании эксплуатирующие организации будут вынуждены своевременно выполнять мероприятия, снижающие уровень конструктивных рисков.

Класс риска	Вероятность безотказной работы
Недопустимый риск	более 10^{-4}
Жесткий контроль риска	$10^{-4} \div 10^{-5}$
Приемлемый риск	менее 10^{-5}

В настоящий момент в Украине нет классификации риска для строительных конструкций. Мировая практика использует следующую классификацию рисков:

В результате сопоставления значений вероятностей безотказной работы и конструктивных рисков, а также интенсивности потребности в затратах на обеспечение безопасной эксплуатации, авторами предложена приведенная в таблице 3 классификация риска аварии и значения коэффициентов, корректирующих страховой тариф.

Восстановление первоначальных эксплуатационных показателей и параметров ВЛ, и ее элементов обеспечивается разработанной сис-

темой капитальных ремонтов. При этом сохранение нормального технического состояния в пределах, предусмотренных проектом и нормативной документацией, достигается соблюдением допустимых значений параметров износа элементов ВЛ. Критерии допустимого износа элементов ВЛ целесообразно устанавливать на основе оценок риска.

Максимум эффективности системы обеспечения надежности и безопасности за весь срок службы линии определяется из условия (8):

$$F = \min \left[3_0 \sum_{t=1}^{t_{cr}} \frac{\alpha_t}{(1+E_H)^t} + 3_k \sum_{t=1}^{t_{cr}} \frac{\beta_t}{(1+E_H)^t} + 3_c \sum_{t=1}^{t_{cr}} \frac{1}{(1+E_H)^t} \right], \quad (8)$$

где 3_0 — затраты, связанные с одним отказом;

3_k — затраты на проведение одного капитального ремонта ВЛ;

α_t — число отказов в году t ;

β_t — число капитальных ремонтов в году t ;

3_c — затраты на страхование;

E_H — коэффициент внутренней экономической эффективности капиталовложений (для предприятий электрических сетей принят $E_H=0,16$).

При этом суммарные затраты на один капитальный ремонт определялись зависимостью (9):

$$3_0 = Y_{no} + 3_{as} + Y_{so}, \quad (9)$$

где Y_{no} — ущерб потребителей от перерывов электроснабжения при отказе ВЛ.

$$Y_{no} = (y_1 + \bar{t}_e y_2) \frac{T_{max} P_{max}}{8760}, \quad (10)$$

Таблица 3. Значения коэффициентов к страховым тарифам

Характеристика риска	Значения риска	C_p/C_0	Коэффициент к страховому тарифу
пренебрежимо малый	$1 \div 1,05$	до 5 %	1,0
приемлемый	$1,05 \div 1,15$	5 ÷ 10 %	1,05
принятый	$1,15 \div 1,25$	10 ÷ 20 %	1,25
жесткий контроль риска	$1,25 \div 1,62$	свыше 20 %	1,5

y_1 — удельный ущерб потребителя, пропорциональный отключенной мощности, грн/кВ;

y_2 — удельный ущерб потребителя, пропорциональный недоотпуску электроэнергии, грн/кВ ч;

T_{\max} — число часов недоиспользования ВЛ;

P_{\max} — максимальной нагрузки ВЛ;

$t_{\bar{e}}$ — среднее время восстановления электропитания при отказе ВЛ, часов;

8760 — часов выдачи энергии в году.

Затраты на аварийно-восстановительный ремонт Зав при отказе ВЛ определяются сметной стоимостью работ, связанных с заменой элементов ВЛ.

Ущерб предприятий энергоснабжения, вызванный недоотпуском электроэнергии при отказе ВЛ определяется:

$$Y_{\text{эо}} = \frac{(E_n + a_p)KL + CL}{8760} \bar{t}_{\bar{e}}, \quad (11)$$

где K — удельные капитальные вложения в строительство ВЛ;

a_p — нормативные амортизационные отчисления, уд.ед.;

L — длина ВЛ, км;

C — годовой фонд заработной платы эксплуатационного персонала ВЛ, грн/км.

При капитальном ремонте ВЛ:

$$Z_{\kappa} = Y_{\text{mn}} + Z_{\text{кр}}. \quad (12)$$

Ущерб потребителя от перерыва электропитания на время капитального ремонта ВЛ составит

$$Y_{\text{mn}} = y_{\text{np}} \frac{T_{\max} P_{\max}}{8760M} t_{\text{кр}} nL, \quad (13)$$

где $t_{\text{кр}}$ — продолжительность капитального ремонта ВЛ при работе одной бригады и объеме ремонта $n = 1$;

y_{np} — удельный ущерб потребителя от недоотпуска электроэнергии на время капитального ремонта;

n — число ремонтных бригад, работающих на ВЛ.

Затраты на капитальный ремонт $Z_{\text{кр}}$ определяются в соответствии со сметной документацией.

По данным предприятий электрических сетей региона, приведенным в таблице 4, определим экономическую эффективность мероприятий по обеспечению безопасности конструкций на принципах страхования:

$$\mathcal{E} = (Z_o + Z_{\kappa}) - (Z_p + Z_c), \quad (14)$$

где \mathcal{E} — годовой экономический эффект;

$(Z_o + Z_{\kappa})$ — затраты на возмещение ущербов от обрушения конструкций, включая затраты на демонтаж и восстановление конструкций; выплаты по невыполненным договорным обязательствам и потери дохода от транспорта электроэнергии за время восстановления линии, определенные в соответствии с (9-12);

Z_p — годовые затраты на поддержание и восстановление требуемого уровня безопасности (эксплуатационные затраты);

Z_c — затраты на страхование.

Таблица 4. Удельные показатели стоимости и трудоемкости мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатируемых ВЛ.

Показатели	Линия электропередачи		
	330 кВ	220 кВ	110 кВ
Удельная стоимость аварийного ремонта, грн/тн	1164,18	958,50	931,34
Удельная трудоемкость ремонта, чел-ч/тн	47,20	47,20	47,20
Удельные ущербы от перерывов энергоснабжения, грн/кВ-ч	13,50	12,65	11,20
Удельные эксплуатационные затраты, грн/тн	582,00	582,00	582,00
Удельные затраты на профилактические и текущие ремонты, грн/тн	518,50	470,00	450,00
Затраты на страхование, грн/тн	174,60	143,70	139,60

При устранении аварии в течение суток (менее 20 часов) годовой экономический эффект составит:

$$\Delta 1 = (1164,18 + 20 * 13,50) - (518,50 + 582,00 + 174,60) = 159,08 \text{ грн/тн.}$$

Полученный экономический эффект (160 грн/тн конструкций) свидетельствует о целесообразности использования экономического механизма страхования основных фондов предприятий электрических сетей для обеспечения надежной работы энергосистем.

Литература

1. Горохов Е.В., Шелихова Е.В. / Принципы нормирования конструктивных рисков по результатам оценки технического состояния эксплуатируемых объектов. / Матеріали 28 міжнародної конференції "Будівлі та споруди із застосуванням нових конструкцій та матеріалів". - Макіївка. - 2002. - вип. № 2002-3(34). - Т.1. - С. 33-35.
2. Мельчаков А.П., Габрин К.Э., Мельчаков Е.А. Управление безопасностью в строительстве. Прогнозирование и страхование рисков аварий зданий и сооружений. - Челябинск: 1996. - 198 с.
3. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. -К.: Изд-во УкрНИИпроектстальконструкция. - 2000. - 216 с.
4. Чамберс Ф., Томас Е. Экономика надежности электроснабжения.- В кн.: Экономика надежности электроснабжения. Под ред. Якуба Ю.А.-М.: "Энергия", 1969, С.70-83.
5. Непомнящий В.А. Определение удельного ущерба от перерывов электроснабжения потребителей.-М.: изд-е Всесоюз.заоч.политехн. ин-та, 1974, 26 с.
6. Бакаев С.Н. оцинкованные опоры линий электропередачи с гарантированными показателями долговечности. Дис канд. техн. наук: 05.23.01 / ДонГАСА. - Макеевка, 1996. - 259 с.

Мушанов Володимир Пилипович — доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Міжнародної організації з мостів та будівельних конструкцій, міжнародної організації "Просторові конструкції", аудитор системи сертифікації УкрСЕПРО. Науковий напрямок: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Шелихова Елена Вікторівна — кандидат технічних наук, доцент кафедри економіки підприємств Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Науковий напрямок: економічне обґрунтування надійної експлуатації будівельних конструкцій, оцінка конструктивних ризиків, економічна ефективність продовження терміну експлуатації будівельних металоконструкцій.

Мушанов Владимир Филиппович — доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Международной организации по мостам и строительным конструкциям, международной организации "Пространственные конструкции", аудитор системы сертификации УкрСЕПРО. Научное направление: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Шелихова Елена Викторовна — кандидат технических наук, доцент кафедры экономики предприятий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научное направление: экономическое обоснование надежной эксплуатации строительных конструкций, оценка конструктивных рисков, экономическая эффективность продления срока эксплуатации строительных металлоконструкций.

Mushchanov Volodymyr Pylypovych – Dr. of Science, Full Professor, vice-rector of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, the head of department of theoretical and applied mechanics of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the International organization on bridges and building designs, the international organization " Spatial designs ", the auditor of system of certification UkrSEPRO. Scientific direction - the theory of reliability, calculation, designing and technical diagnostics of spatial metal designs.

Shelikhova Olena Viktorivna – Dr. of Science, Associate Professor of department of economics of enterprise of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific direction - an economic substantiation of reliable operation of building designs, an estimation of constructive risks, economic efficiency of prolongation of term of building metal constructions.