

УДК 691-035.48(075.В), 691.175-404.5.004.67

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ЛЭП**

*Е.Н.Петрикова, канд.техн.наук, н.с.; Т.П.Мирошник, н.с., А.Д.Лунин\**  
*Научно-исследовательский институт строительных конструкций*  
*\*Центральная электроэнергетическая система ДП НЭК «Укрэнерго»*

**ВСТУПЛЕНИЕ.** Проблемы долговечности конструкций привлекают заметное и все возрастающее внимание в строительном мире. Это объясняется тем, что значительная часть зданий, сооружений и объектов инфраструктуры возведена много лет назад и находится в настоящее время в изношенном состоянии. Развитые страны запада вышли на 50 процентный уровень расходов на восстановление, реконструкцию или ремонт от всего строительного бюджета.

Для конструкций, работающих в интенсивном режиме и неблагоприятных условиях процессы деградации проявляются в более ранние периоды эксплуатации, сокращая ожидаемый срок службы. Это особенно свойственно и для таких ответственных сооружений как стойки железобетонных опор линий электропередачи. Основная причина потери работоспособности конструкций заключается в изменении начальных свойств и состояний материала под влиянием времени эксплуатации, превышения допустимого уровня воздействий, дефектов проектирования и т.д.

Железобетонные конструкции инженерных сооружений в процессе длительной эксплуатации подвергаются воздействию сложных по своему характеру нагрузок, температурно-влажностных деформаций, агрессивной среды, других внешних и внутренних по отношению к конструкции факторов. Так промежуточные железобетонные опоры воздушной линии электропередачи воспринимают вес проводов, грозозащитных тросов, гололеда и действующие на них ветровые нагрузки и т.д.

В середине 50-х годов эксплуатировалось лишь несколько тысяч километров линий напряжением 35-500 кВ на железобетонных опорах, а к середине 70-х годов их протяженность увеличилась в несколько десятков раз.

Сейчас только Центральная электроэнергетическая система НЭК «Укрэнерго» эксплуатирует порядка 4,5 тысяч железобетонных опор воздушных линий электропередачи напряжением 330 кВ.

Основная сеть воздушных линий электропередачи на железобетонных опорах находится в эксплуатации 25-30 лет. Еще недавно работы по эксплуатации железобетонных опор заключались преимущественно в их ремонте, в отдельных случаях - заделке мелких трещин и сколов. В последние годы наблюдается значительный рост выявленных дефектов железобетонных опор, особенно после прохождения зимнего периода. Если в 1998 году Центральной энергосистемой было отремонтировано 52 железобетонные опоры, а работы по их замене не производились, то уже в 2002 году ремонты выполнялись на 364-х опорах и 13 опор были заменены.

**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РОБОТ.** Анализ используемых для ремонтно-восстановительных работ материалов показал что, хотя применяются рецептуры минеральной, полимерной и смешанной природы, предпочтение отдается последним. Такие системы характеризуются достаточно высокими физико-механическими характеристиками и интересны с точки зрения соединения веществ разной химической природы с достижением новых технических результатов, и могут быть получены практически на любых синтетических полимерах, наполнителях и заполнителях. В силу разных причин, в том числе связанных со стоимостью и дефицитностью, а также требованиями к плотности, прочности, деформативности, химической стойкости и ряда других характеристик, как в СНГ, так и за границей, используется небольшой круг полимеров (12-15 видов).

Однако существующие и широко используемые полимерцементные композиции можно эффективно применять для ремонта ответственных конструкций или незначительных дефектов [1]. Основным препятствием в применении полимерцементных растворов, является вымывание эмульгаторов под действием воды, а также расширение и усадка полимерной составляющей при периодическом увлажнении и высыхании, которое приводит к возникновению значительных внутренних напряжений, и тем самым является причиной невысокой долговечности растворов, подвергающихся атмосферным влияниям и действию воды.

Так, согласно Инструкции по эксплуатации «Воздушные линии электропередачи напряжением 35 кВ и выше» (ГКД 34.20.502-97) ремонт железобетонных опор необходимо производить полимерной краской, полимерцементным раствором или методом наложения бандаж в случае появления следующих дефектов [2]:

- трещин шириной раскрытия до 0,3 мм, длиной не более 3м;
- появление на поверхности бетона ржавчины или темных полос от заложённой в бетоне арматуры (или видна поперечная арматура);
- наличие поверхности с пористым бетоном или отслоение поверхностного слоя с образование одной раковины площадью до 25 см<sup>2</sup>.

Опоры, имеющие более серьезные повреждения должны быть отремонтированы с установкой бандажей или заменены. Отметим, что работы по замене опор или их ремонту с установкой бандажей требуют значительных усилий и средств, а ремонты существующими полимерцементными растворами, как уже отмечалось, малоэффективны, так как после прохождения зимнего периода ремонтный слой растрескивается и отслаивается от поверхности бетона [2].

Исходя из всего выше сказанного, важными и актуальными проблемами для поддержания в нормальном, технически исправном, состоянии конструкций инженерных сооружений, является разработка новых эффективных материалов и практических методов повышения долговечности железобетонных конструкций, находящихся в эксплуатации.

На основе проведенного анализа в НИИСКе была разработана полимерсиликатная система [3, 4], на основе которой получены материалы

для ликвидации наиболее распространенных дефектов железобетонных конструкций ЛЭП, которые возникают в процессе эксплуатации на протяжении долгого периода времени (поперечные и продольные трещины, сколы и раковины, разрушение защитного слоя с оголением арматуры и без).

Разработанные композиции (защитные покрытия, композиции для ремонта волосяных трещин, строительные растворы для ремонта сколов, раковин и трещин со значительным раскрытием) характеризуются высокими физико-механическими характеристиками [5-7], а именно: высокой прочностью; быстрым набором прочности, особенно в ранние сроки твердения; возможностью твердеть и набирать прочность во влажных условиях и в воде; высокой морозостойкостью; высокой адгезией к бетонным основаниям; коррозионной стойкостью в различных агрессивных средах; возможностью использования по влажным основаниям без специальной подготовки.

**ВНЕДРЕНИЕ РЕМОНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.** В 2001 году сотрудниками Киевских магистральных энергосистем Укрэнерго и НИИСКА было выполнено внедрение разработанных полимерсиликатных материалов при ремонте железобетонных конструкций ЛЭП [8, 9]. Были отремонтированы стойка для электрооборудования, тавровая балка, колонны и железобетонные конструкции ЧАЭС-Северная: анкерно-угловая опора типа УБЗ 301 и промежуточная свободная опора без ригелей типа ПБ 330-1. Конструкции характеризовались различными дефектами:

- 80 % защитного слоя железобетонной стойки было разрушено с оголением несущей арматуры;
- балка с тавровым сечением находилась в аварийном состоянии, 80 % защитного слоя бетона полочек отсутствовало, была оголена несущая арматура, имелись три поперечные трещины, много сколов и раковин;
- колонны имели незначительные выколы, местами с оголением арматуры;
- анкерно-угловая опора имела большую продольную трещину шириной 5см, глубиной 1,5-2 см и длиной 8 м с оголением продольной арматуры, волосяные трещины, раковины и щели;
- промежуточная опора имела местное разрушение размерами 60 x 5 см и глубиной 2-2,5 см.

В процессе проведения ремонтных работ композиции показали себя технологичными, имеющими достаточно большое время реализации. Работы по нанесению материалов не требуют специального оборудования и наносятся вручную с помощью малярных щеток и шпателей.

За отремонтированными конструкциями велось наблюдение в течение продолжительного периода времени. Отремонтированные участки конструкций тщательно проверялись на предмет наличия трещин, сколов, отслоений раствора от бетона основы. В ходе обследований никаких признаков разрушения или ухудшения физико-механических характеристик не отмечено.

Для проведения ремонтных работ с использованием разработанных полимерсиликатных материалов в промышленных масштабах была разработана «Инструкция по ремонту железобетонных конструкций

электрооборудования полимерсиликатными композициями”.

Проведенные дальнейшие исследования, отраженные в [10, 11], показали, что усиление конструкций стеклосеткой, приклеенной разработанными полимерсиликатными композициями в три слоя, позволяет увеличить прочность, деформативность и отдалить момент разрушения. Технология приклеивания стеклосетки следующая: на дефектное место наносится слой полимерсиликатной композиции, затем приклеивается сетка; каждый слой стеклосетки покрывается ремонтной композицией.

**ИСПЫТАНИЕ ОПОР ЛЕЦ, ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.** Для установления возможности дальнейшей эксплуатации отремонтированных железобетонных конструкций электрооборудования полимерсиликатными составами, разработанными в НИИСКе, стойки для опор линий электропередачи проверялись на прочность, жесткость и трещиностойкость согласно ДСТУ Б В.2.6-7(ГОСТ 8829), ГОСТ 22687.0 и ГОСТ 22687.1.

Предоставленные Центральной электроэнергетической системой ГП НЭК «Укрэнерго» стойки ЛЭП (4-е цилиндрических стойка марки СЦ 22.1-1.0 длиной 22 м и 2-е конические стойки марки СК 26.1-2.0 длиной 26 м) эксплуатировались несколько десятков лет и имели дефекты, которые обусловили невозможность дальнейшей эксплуатации конструкций.

Техническое состояние стоек оценивали визуально и методом инструментального обследования. Проведенное обследование шести железобетонных стоек позволило выявить наиболее характерные дефекты: волосяные трещины с шириной раскрытия до 1,5 мм, сколы, выколы бетона с оголением арматуры, на некоторых стойках площадью до 1456см<sup>2</sup>.

Ремонтные работы проводились согласно “Инструкции по ремонту железобетонных конструкций электрооборудования полимерсиликатными композициями”. Исключением являлось то, что раковины и сколы площадью более 25 см<sup>2</sup> усиливались путем наклеивания стеклосетки с ячейками 4,5 мм x 4,5 мм в три слоя.

Результаты испытаний показали, что применение для ремонта железобетонных опор полимерсиликатных композиций позволяет увеличить допустимые границы дефектов, которые подлежат ремонту и продлить срок эксплуатации конструкций, а также выполнять ремонты опор, которые имеют такие повреждения :

- продольные трещины шириной раскрытия до 0,3 мм независимо от количества трещин, но не более 50 % поверхности бетона;
- продольные трещины шириной раскрытия от 0,3 мм до 2 мм и длиной до 6 м, но не более 2-х трещин в одном сечении;
- раковины в бетоне размером 60 мм x 60 мм и глубиной до 10 мм;
- раковина или сквозное отверстие площадью до 60 см<sup>2</sup> (но не более одной раковины или одного отверстия на опору при толщине бетонной стенки в зоне отверстия не менее проектной);
- неплотности технологического шва стойки шириной до 5 мм и длиной до 2 м.

Проведенные исследования и испытания опор позволили

усовершенствовать технологию проведения ремонтно-восстановительных работ которая отображена в разработанной “Інструкції по застосуванню полімерсилікатних композицій при ремонті залізобетонних опор ліній електропередач”.

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ.** Технология ремонтных работ зависит от характера и размера разрушений и состоит из таких этапов: подготовка поврежденных и дефектных мест, приготовление ремонтных полимерсилікатных композиций и строительных растворов [8, 9], восстановление дефектных мест (рис.1).



Рис. 1. Схема восстановления поврежденных и дефектных мест.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА.** На протяжении последних лет Центральная электроэнергосистема активно использует полимерсилікатные композиции для восстановления дефектных опор в Киевской, Житомирской, Черниговской и Черкасской областях. Сейчас начинается использование разработанных материалов и технологии их применения и в Северной электроэнергосистеме.

Так за 2003 год было отремонтировано 514 стоек железобетонных опор

линий электропередачи напряжением 330 кВ, за 2004 – 506 шт, за первое полугодие 2005 года – 176 шт.

Согласно «Инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи» из числа отремонтированных в 2003 году опор 28 подлежало замене, а на 126 необходимо было наложить железобетонный бандаж. Затраты на выполнение этих работ составили бы 933,5 тыс. грн, затраты на ремонт этих опор при помощи полимерсиликатных растворов составили 53,6 тыс. грн. Годовой экономический эффект от внедрения новой технологии составил порядка 880 тыс. грн.

**ВЫВОДЫ.** Разработанные полимерсиликатные материалы много лет с успехом используются для эффективного ремонта железобетонных конструкций воздушных линий электропередачи, обеспечивая многолетнюю, соответствующую работу конструкций.

Применение разработанных ремонтных материалов позволяет выполнять комплексный ремонт конструкции, а именно:

- ремонт поврежденных фрагментов конструкций путем восстановления мест коррозии или мест появления повреждений (выбоин) с помощью высокопрочных растворов;
- ремонт конструкций в местах появления мелких трещин и поверхностных повреждений бетона шпаклеванием;
- защиту для любого типа конструкций;
- усиление отремонтированных мест конструкций, путем приклеивания усилительных элементов (стеклосетки и металлических полос).

Высокие физико-механические показатели разработанных материалов, возможность выполнения комплексного ремонта конструкций и опыт использования позволяет рекомендовать полимерсиликатные материалы для проведения широкого спектра ремонтно-восстановительных работ.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Пшинько А.Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений: Монография – Днепропетровск:Пороги, 200. – 411 с.
2. Г.К.Качаленко, А.М.Гордиенко Новая технология ремонта железобетонных стоек-эффективно, надежно,экономно //электрические сети и системы. – Киев,2003. -№2. - С. 30-34.
3. Захисна органосилікатна композиція. Деклараційний патент України №41716А, МКИ С04В 20/10, 26/00, 28/00 / Шейніч Л.О., Петрикова Є.М. - №2001021036; Заявлено 14.02.2001; Опубл. 17.09.2001, Бюл. №8.
4. Оптимізація складу полімерсилікатних композицій на основі поліізоціанатів для захисту підземних споруд / Петрикова Є.М., Шейніч Л.О., Вакуленко О.А., Іщенко С.С. // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн.зб. - К.: НДІБК. - 2000. - Вип. 53., кн. 2. - С. 330-335.
5. Полімерсилікатні композиції на основі поліізоціанатів для захисту бетонних виробів та споруд / Петрикова Є.М., Шейніч Л.О., Мельник І.В., Капась І.В. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. - Рівне: РДТУ. - 2001. - Вип. 7. - С. 64-71.

6. Петрикова С.М., Шейніч Л.О., Мельник І.В. Системи на основі ізоціанатів для ремонту й захисту бетонних та залізобетонних конструкцій // Комунальне господарство городів: Наук.-техн. зб. - К.: "Техніка". - 2002. - Вип. 39. - С. 287-291.
7. Петрикова С.М., Шейніч Л.О. Ефективні будівельні матеріали для захисту та ремонту залізобетонних конструкцій // Строительство и техногенная безопасность: Сб. науч. тр. - Симферополь: Крымская акад. природоохранного и курортного стр-ва. - 2002. - Вып. 6. - С. 71-73.
8. Застосування полімерсилікатних композицій для ремонтних робіт / Петрикова С.М., Шейніч Л.О., Анопко Д.В., Шаповалов В.В., Зарицький В.В. // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. зб. - К.: НДІБК. - 2001. - Вип. 54. - С. 546-549.
9. Технологія застосування ремонтних полімерсилікатних композицій / Петрикова С.М., Шейніч Л.О., Анопко Д.В., Шаповалов В.В., Зарицький В.В. // Будівельне виробництво: Міжвідомчий наук.-техн. зб. - К.: НДІБВ. - 2001. - Вип. 42. - С. 26-28.
10. Шейніч Л.О., Мірошник Т.П., Петрикова С.М. Полімерсилікатні композиції для відновлення та підсилення бетонних конструкцій // Міжвід.наук.техн.зб. "Будівельні коннструкції"– Київ, НДІБК.–Вип 59.–2003.–С.390-393.
11. Застосування органосилікатних систем при підсиленні бетонних конструкцій композиційними матеріалами / Шейніч Л.О., Петрикова С.М., Мірошник Т.П., Ігнатова І.В. // Міжвід.наук.техн.зб. "Будівельні коннструкції"– Київ, НДІБК, 2005.–Вип 62, том 2. – С.68-75.

#### УДК 658.012

#### АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ДОБУДОВИ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ РАМ

*С.Ф.Пічугін, д.т.н.,проф., О.В.Семко, к.т.н.,доц., Г.М.Трусов, к.т.н.,доц.  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

**Постановка проблеми.** За останні роки досить широке застосування в промисловому будівництві здобули одноповерхові виробничі будівлі (ОВБ) із ефективними сталевими однопрольотними рамами прольотом 20-42 м. З розширенням виробництва актуальними є питання добудови існуючих ОВБ з трансформацією однопрольотних одноповерхових рам у двопрольотні, трьохпрольотні і т.п. конструкції, а також у двоповерхові системи.

**Аналіз публікацій.** Над розв'язанням проблеми розширення і реконструкції виробничих будівель, зокрема шляхом надбудови свого часу працював ряд фахівців [1,2], у тому числі автори статті [3,4].

**Невирішені раніше частини** поставленої проблеми. На сьогоднішній день невирішеними залишаються питання принципової можливості прибудови або добудови існуючих легких рам.

**Мета статті.** Визначити основні заходи та умови, за яких можливе