

Композитные материалы, используемые в области восстановления несущей способности железобетонных опор линий электропередач

А.И. Соловьёва, А.Е. Карпов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: Основными объектами в области обследования и усиления железобетонных конструкций являются несущие элементы зданий и сооружений, однако огромное количество конструкций, подверженных разрушительным воздействием негативных факторов является железобетонные опоры ЛЭП и столбы освещения. В связи с большим запасом прочности, зачастую их повреждения не являются критичными и ремонтно-восстановительные работы не ведутся вплоть до окончательной потери несущей способности конструкций. Такое положение дел является следствием существенной трудоёмкости и стоимости выполнения работ по усилению, особенно это касается опор ЛЭП, находящихся далеко от городов. Современные методы усиления, основанные на использовании композитных материалов, позволяют решить эту проблему без существенных трудозатрат. Данные методы не требуют трудоемких и временных затрат, что позволит быстро реагировать на разрушительные последствия негативных факторов, разрушающих опоры ЛЭП и столбов освещения. В данной статье рассмотрены существующие методы усиления железобетонных опор ЛЭП, выявлены их недостатки и предложены новые методы, основанные на использовании композитных материалов.

Ключевые слова: бетон, железобетон, усиление, углепластик, композитный материал, арматура, углеткань, опоры.

Железобетон является одним из наиболее распространённых материалов для изготовления несущих конструкций, работающих в условиях воздействия окружающей среды. Он активно используется при изготовлении колонн мостов, эстакад, путепроводов, а также в области энергетики при изготовлении опор ЛЭП. Широкое использования железобетонных опор ЛЭП началось ещё в 50-х годы двадцатого века, взамен более дорогостоящих металлических.

Основными преимуществами железобетона является его способность сопротивляться атмосферным воздействиям, и низкая стоимость материалов. Бетон хорошо работает на сжатие, а недостаточное сопротивление растяжению компенсируется стальной арматурой. Значения коэффициентов температурного расширения стали и бетона почти равны друг другу, тем

самым, при изменениях температуры исключается появление трещин в следствии отсутствия внутренних напряжений.

Линии электропередач находятся на открытой местности и в зависимости от их географического местоположения, они подвержены различным негативным атмосферным воздействиям. При этом, как показывает практика работ по обследованию [1,2] и усилению конструкций [3], при совокупности воздействия ряда негативных факторов, происходит локальное разрушение целостности опор, с последующей коррозией бетона, оголением или выпучиванием арматуры. К примеру, образование гололеда на проводах и тросах линий электропередач в декабре 2010 года стало причиной тяжелых аварий в ряде регионов Южного, Центрального и Приволжского федеральных округов [4]. Намерзание толстого слоя льда, в сочетании с воздействием сильного ветра, приводит к многочисленным обрывам проводов, разрушению и падению опор ЛЭП (рис.1).



Рис. 1. Разрушение железобетонных опор ЛЭП в следствии воздействия мокрого снега, ветра и гололёда: сверху приведены фото разрушения опоры с

оголением арматуры и массовое заваливание трассы опор ЛЭП; снизу – приведены фото отложения мокрого снега и гололёда на проводах линии электропередач.

Следующей причиной разрушения опор ЛЭП является следствие аварий автомобильных транспортов [5]. Как показывают исследования [6], наиболее уязвимым является участок железобетонной опоры ЛЭП, расположенный до отметки 1,5 м от уровня земли (рис.2). Именно эта часть конструкции наиболее часто усиливается после воздействия разрушающих факторов.

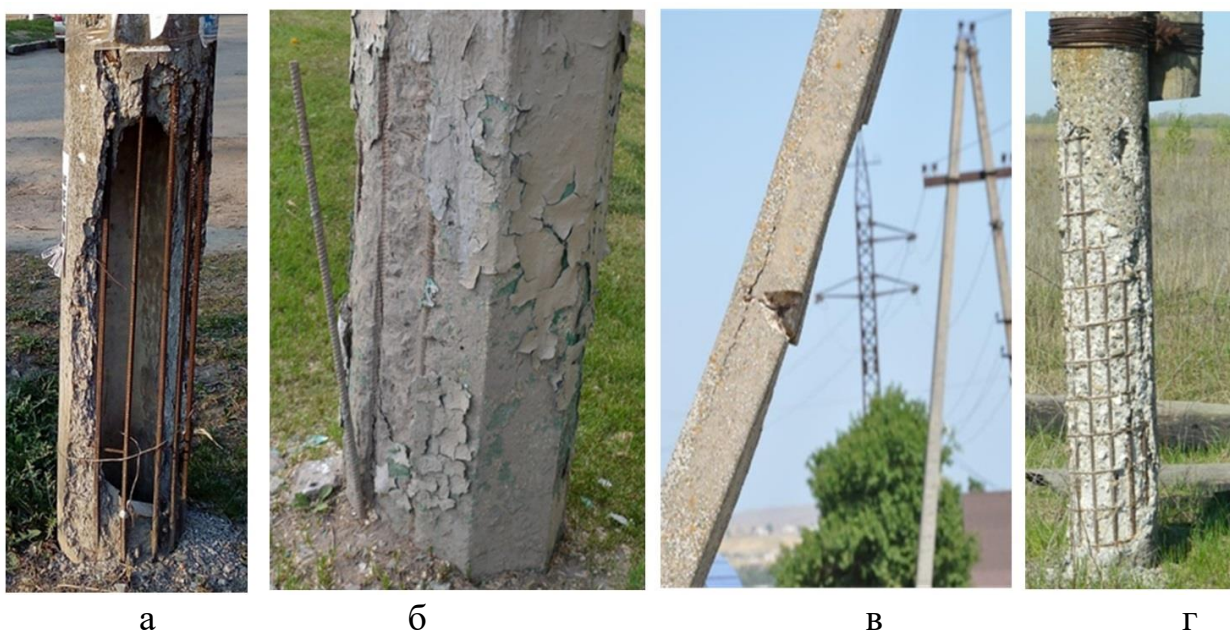


Рис. 2. Дефекты железобетонных опор ЛЭП, расположенные до 1,5 м от уровня земли: а) разрушение железобетонного пасынка с оголением и последующей коррозией арматуры каркаса опоры ЛЭП; б) коррозия бетона опоры ЛЭП с оголением продольной арматуры; в) продольные трещины, выбоины подкоса столба ЛЭП; г) разрушение бетона опоры ЛЭП кольцевого сечения.

Из известных методов усиления железобетонных опор ЛЭП, можно выделить 2-а основных. Первый – основывается на частичном восстановлении целостности конструкций [7], путём заделки повреждённых участков цементно-песчаными составами или материалами на основе

искусственных смол. Этот метод используется при незначительных повреждениях, с целью предотвращения дальнейшей коррозии бетона или металла.

Второй метод, основывается на использовании железобетонных и растворных обойм при восстановлении несущей способности опор ЛЭП, и применяется при их значительных повреждениях, в случаях разрушения целостности бетонного сечения с оголением арматуры [8, 9].

Данные методы эффективно используются в современном строительстве, однако обладают рядом недостатков.

К минусам первого метода усиления можно отнести недостаточную надёжность и долговечность системы усиления. С течением времени, восстановленные участки разрушаются в следствие атмосферных воздействий.

К недостаткам второго метода можно отнести существенную трудоёмкость и стоимость работ по усилению, что удорожается в случае расположения повреждённых опор ЛЭП далеко от центров цивилизации.

В последние десятилетия, в области усиления железобетонных несущих конструкций стали активно использоваться композитные материалы на основе стекла и углеткани. Они хорошо зарекомендовали себя при усилении сжатых [10,11] и изгибаемых [12,13] элементов, с расположением композитных материалов в поперечном и продольном направлении. Использование стеклоткани при усилении конструкций выполняет больше конструктивную роль. Это связано с достаточно низким модулем упругости и высокой ползучестью материала. Однако, в связи с достаточно низкой стоимостью, данный вид усиления эффективно используется для осуществления конструктивных мероприятий.

Композитные материалы, основанные на использовании углепластиков, эффективно применяются при усилении сжатых и изгибаемых элементов, с

расположением волокон в продольном [14] и поперечном направлении [15]. Условно, композитное усиление углематериалами можно разделить на 2-а метода. Первый – основывается на расположении волокон углеродных тканей в продольном направлении, что существенно увеличивает сопротивление изгибаемых элементов на растяжение [16]. Этот метод является достаточно перспективным для усиления железобетонных опор ЛЭП, на которые действуют изгибающие моменты. Второй – основывается на использовании углепластиков, расположенных в поперечном направлении [17]. Данный метод усиления является эффективным для увеличения прочности центрально сжатых конструкций, при этом материал усиления создаёт обойму и сдерживает развитие поперечных деформаций. Это является достаточно перспективным методом увеличения прочности разрушенного бетона опоры ЛЭП. При инъектировании в разрушенную область конструкции ремонтного состава, для увеличения его прочностных свойств и обеспечения совместной работы с бетоном конструкции рекомендуется обернуть углетканью. Этот метод является альтернативной железобетонной обойме.

Как было сказано ранее, стеклопластиковую арматуру не рекомендуется использовать при усилении несущих конструкций. Однако, ее можно использовать в первом методе усиления, где основной функцией стеклопластиковой арматуры будет обеспечение надёжного сцепления материала усиления и бетона конструкции, что позволит увеличить долговечность системы усиления и конструкций в целом, к тому же стеклопластиковая ткань является достаточно дешевым материалом.

Учитывая вышесказанное, рекомендуется использовать в первом методе усиления стеклоткань и соответствующую клеевую систему для восстановления целостности опор. На восстановленную поверхность наносится клей и, по периметру, в виде обоймы наклеивается стеклоткань.

Композитный материал, в данном случае, является поверхностным армированием и препятствует дальнейшему отслоению материалов усиления.

Для второго метода усиления рекомендуется использовать углеткань. При этом, учитывая особенность работы опоры ЛЭП, композитный материал наносится как в продольном направлении, на действие влияния изгибающих моментов, так и в поперечном, оказывая влияние сдерживания развития поперечных деформаций при увеличении прочности бетона. Предлагается наклеивать композитное усиление в продольном направлении начиная от подошвы фундамента, до уровня 1,5 м от подошвы земли. Поперечное усиление следует применять только в случаях существенных повреждений бетона опор ЛЭП.

Методы усиления, основанные на использовании композитных материалов, отличаются низкой трудоёмкостью и высокой мобильностью, а также минимальным набором инструментов. Учитывая, что композит и клеевая система легко помещается в автомобиль, одной из отличительных особенностей являются низкие сроки выполнения работ, что является существенным преимуществом по сравнению, с альтернативными методами, при аварийных или срочных работах по восстановлению опор ЛЭП.

В заключение можно сказать, что новые методы усиления, основанные на использовании композитных материалов, имеют большие перспективы при восстановлении и усилении опор ЛЭП и столбов освещения, что требует дополнительных исследований в данной области.

Литература

1. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: Усиление, восстановление, ремонт // М.: А.С.В, 2012. 312с.
2. Гвоздев А.А. Восстановление основных конструкций капитальных зданий и сооружений // Под общей ред. и при участии д.т.н., проф. А.А. Гвоздева. Стройиздат. 1947. 204с.
3. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий // Томск, Атлас схем и чертежей. 1990. 316с.
4. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Системные аварии и катастрофы в техносфере России // МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. 308 с.
5. Кокина Т.М. Алгоритм составления модели последствий аварий на автомобильном транспорте по видам нарушений ПДД // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2 (61). С. 246-250.
6. Туманов А.В. Проектирование железобетонных опор линий электропередач: учеб. пособие // А.В. Туманов. Пенза: ПГУАС, 2013. 116с.
7. Рекомендации по ремонту железобетонных опор и фундаментов металлических опор ВЛ с применением современных цементосодержащих материалов // СПО ОРГРЭС. № 2006. 16с.
8. Литвинов Н.М., Литвинов А.Г. Усиление и восстановление железобетонных конструкций // Стройиздат Наркомстроя, 1942, 96с.
9. Маяцкая И.А., Польской П.П., Георгиев С.В., Федченко А.Е. Применение углепластиковых ламелей при усилении строительных конструкций // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 33-38.
10. Polskoy P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. The deformability of short pillars in various loading options and external composite reinforcement. В

сборнике: MATEC Web of Conferences 2018. С. 02026.
URL:researchgate.net/publication/327397733_The_deformability_of_short_pillars_in_various_loading_options_and_external_composite_reinforcement/fulltext/5b8d4abe45851540d1c23c4c/The-deformability-of-short-pillars-in-various-loading-options-and-external-composite-reinforcement.pdf

11. Костенко А.Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле и стекловолокном // Автореферат. дисс. канд. техн. Наук. Москва. 2010. 26с.

12. Михуб Ахмат. Прочность, деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами // Дисс. канд. техн. Наук, Ростов-на-Дону, 2013. 211с.

13. Гаврилова Е.О. Усиление изгибаемых элементов композиционными материалами // Академическая публицистика. 2021. № 8-2. С. 111-119.

14. Польской П. П., Маилян Д. Р., Георгиев С. В. О влиянии гибкости стоек на эффективность композитного усиления // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3374

15. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность коротких усиленных стоек при малых эксцентриситетах // Инженерный вестник Дона, 2014, №4-1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2734

16. Чернявский В.Л., Хаютин Ю.Г., Аксельрод Е.З., Клевцов В.А., Фаткулин Н.В. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. М.2006,- 113 стр // Бетон и железобетон. – 2007. – № 1. – С. 30.

17. Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьёва А.И. К определению прочности бетона, обжатого композитными материалами, расположенными в поперечном направлении // Инженерный вестник Дона. 2021. № 10. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7225

References

1. Ivanov, Ju.V. Rekonstrukcija zdaniy i sooruzhenij: Usilenie, vosstanovlenie, remont [Reconstruction of buildings and structures: Strengthening, restoration, repair] M.: A.S.V, 2012. 312p.
2. Gvozdev A.A.. Vosstanovlenie osnovnyh konstrukcij kapital'nyh zdaniy i sooruzhenij [Restoration of the main structures of capital buildings and structures] M: Strojizdat. 1947. 204p.
3. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Polishhuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nyh konstrukcij avarijnyh i rekonstruiruemyyh zdaniy Tomsk, Atlas shem i chertezhej [Restoration and strengthening of building structures of emergency and reconstructed buildings Tomsk, Atlas of diagrams and drawings]. 1990. 316p.
4. Vorob'yov YU.L, Akimov V.A., Sokolov YU.I. Sistemnye avarii i katastrofy v tekhnosfere Rossii [Systemic accidents and catastrophes in the technosphere of Russia], MCHS Rossii. M.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2012. 308 p.
5. Kokina T.M. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2017. №2 (61). P. 246-250.
6. Tumanov A.V. A.V. Tumanov. Penza: PGUAS, 2013. 116 p.
7. Rekomendacii po remontu zhelezobetonnyh opor i fundamentov metallicheskih opor VL s primeneniem sovremennyh cementosoderzhashchih materialov, SPO ORGRES № 2006 16 p.
8. Litvinov N.M., Litvinov A.G. Usilenie i vosstanovlenie zhelezobetonnyh konstrukcij [Strengthening and restoration of reinforced concrete structures] Strojizdat Narkomstroja, 1942, 96 p.
9. Majackaja I.A., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V., Fedchenko A.E. Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. 2018. № 12 (64). pp. 33-38.
10. Polskoy P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. В сборнике: MATEC Web of Conferences 2018. С. 02026. URL:researchgate.net/publication/327397733_The_deformability_of_short_pillars



_in_various_loading_options_and_external_composite_reinforcement/fulltext/5b8d4a6e45851540d1c23c4c/The-deformability-of-short-pillars-in-various-loading-options-and-external-composite-reinforcement.pdf

11. Kostenko A.N. Prochnost' i deformativnost' central'no i vnecentrenno szhatyh kirpichnyh i zhelezobetonnyh kolonn, usilennyh ugle i steklovoloknom [Strength and deformability of centrally and eccentrically compressed brick and reinforced concrete columns reinforced with carbon and fiberglass]. Avtoreferat. diss. kand. tehn. Nauk, Moskva, 2010. 26p.

12. Mihub Ahmat. Prochnost', deformativnost' i treshhinostojkost' izgibaemyh zhelezobetonnyh jelementov, usilennyh kompozitnymi materialami [Strength, deformability and crack resistance of bent reinforced concrete elements reinforced with composite materials]. Diss. kand. tehn. Nauk, Rostov-na-Donu, 2013. P. 211.

13. Gavrilova E.O. Akademicheskaja publicistika. 2021. № 8-2. pp. 111-119.

14. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3374

15. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2734.

16. CHernyavskij V.L., Hayutin YU.G., Aksel'rod E.Z., Klevcov V.A., Fatkulin N.V. Beton i zhelezobeton. 2007. № 1. P. 30.

17. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'jova A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7225