

Метод усиления повреждённых участков железобетонных опор ЛЭП путём замены металлической рабочей арматуры

А. И. Соловьёва, К.В. Кургин

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

Аннотация: Строительная практика показывает, что помимо необходимости усиления несущих конструкции зданий и сооружений, существует необходимость в ремонтно-восстановительных работах железобетонных опор ЛЭП. При локальных повреждениях, с последующей коррозией внутренней арматуры, выполняющей самую важную роль по сдерживанию возникающих изгибающих моментов, современные методы усиления являются либо дорогостоящими, либо невозможным к выполнению. В данной научной работе представлено предложение по усилению подобных конструкций путём замены повреждённых металлических стержней новыми, при этом новые стержни соединяются с существующими специальными обжимными муфтами. Процесс усиления заканчивается заделкой повреждённых участков высокопрочной шпаклёвкой. В работе приведена технология выполнения усиления и представлены все положительные свойства нового метода усиления.

Ключевые слова: тяжелый бетон, опора ЛЭП, железобетон, сжатые элементы, муфта, усиление,

Ремонт и усиление таких конструкций, как железобетонные опоры ЛЭП, составляют маленькую долю от такого гиганта строительной отрасли, как обследование и усиление несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений [1,2]. Зачастую, решением проблемы является полная замена опор ЛЭП, что в свою очередь, содержит в себе массу трудностей и дополнительных финансовых затрат. Решение замены конструкций является следствием несовершенной системы технологии усиления [3,4]. Из наиболее распространённых методов усиления, российские нормативные документы и научная литература выделяют 2 основных. Эти методы основываются на использовании металлических [5,6] и железобетонных конструктивных решений [7,8]. В области усиления новыми методами наибольшую эффективность показали композитные системы [9,10]. Для центрально сжатых элементов наиболее распространёнными являются устройство различного рода обойм [11, 12], для внецентренно сжатых и изгибаемых – продольное усиление [13, 14].

Что же касается железобетонных опор ЛЭП, то их работа больше связана с восприятием изгибающих моментов, чем продольных сил и наибольшие моменты возникают на участке, расположенном на полутора метрах от уровня земли [15].

Как показывает практика, именно эти полтора метра являются наиболее уязвимыми от физических воздействий, антропогенных и климатических факторов, что, впоследствии, приводит к разрушению конструкций с оголением рабочей арматуры (Рис. 1) и раздроблением бетона [16]. Нередки случаи оголения арматуры и её последующая коррозия, возникающая из-за коррозии бетона и отслоения защитного слоя [17]. При этом нарушается сцепление металлической арматуры и бетона, уменьшается сечение рабочей арматуры [18].



Рис.1 Локальное разрушение опоры ЛЭП с оголением продольной арматуры.

Классические, наиболее распространённые, методы усиления не позволяют восстанавливать подобные конструкции, в связи с чем, данная

проблема остается актуальной, а ее решение является целью настоящего исследования.

Железобетонные опоры ЛЭП можно разделить на две категории: это конструкции с предварительным напряжением продольной рабочей арматуры и без преднапряжения [19]. В зависимости от того, к какой категории конструкции относится выбранный элемент, зависят и предложенные нами варианты усиления.

На долю конструктивных элементов без предварительно напряжённой арматуры предлагается использовать метод усиления, основанный на полной или частичной замены металлических стержней с последующим бетонированием повреждённых и, вскрытых при усилении, участков.

Процесс замены стержней выглядит следующим образом. Повреждённые металлические стержни оголяются по очереди дна участков, где они были повреждены. Стержни обрезаются, а вместо них вставляются стержни большего диаметра для компенсации потери несущей способности. Работа вставленных стержней обеспечивается путём соединения их с существующей арматурой обжимными муфтами. Для обеспечения надёжного сцепления, новые стержни делаются размером, равным расстоянию между краями обрезанной существующей повреждённой арматуры. Перед установкой на новый стержень одеваются с двух сторон муфты и специальным оборудованием прессуются, другой конец одной муфты одевается на существующий стержень конструкции также прессуется. Для того, чтобы новый стержень встал во второй существующий обрезок стержня, его и сгибают, а после соединения спрессовывается второй участок. На фото (Рис.2) приведен пример соединения стержней обжимной муфтой.

Учитывая, что коррозия арматуры может быть как локальной, так и по всему контуру конструкции, выбор стержня, который впоследствии будет заменён, выбирается инженером на месте. Необходимо выполнять

постепенную замену стержней, с одновременной вскрытых участков бетона заделкой высокопрочной шпаклёвкой.



Рис.2. Соединение 2-х стержней обжимной муфтой

Современные технологии усиления позволяют вместо бетона в качестве ремонтного состава использовать высокопрочные шпаклёвки. Они производятся в 2-х компонентах, при смешивании которых получается шпаклёвочное тесто, которое и заполняет поврежденные участки. Прочность и адгезия затвердевшей шпаклевки существенно превышают характеристик тяжёлого бетона. Учитывая, что повреждённый участок достаточно небольшого объёма, высокая стоимость шпаклёвки оправдывается при выполнении данного усиления.

Разработанный нами метод усиления основан на результатах исследований соединения металлических стержней обжимными муфтами [20].

Надёжность соединения локального бетонирования оголённого стержня подтверждается в работе [21], в которой обосновывается эффективность и надёжность работы железобетонных балок. В результате данного научного исследования была доказана совместная работа металлического стержня, бетона пазух и бетона самой конструкции, что привело к положительным результатам.

В качестве основных выводов, предложенного метода усиления железобетонных опор ЛЭП без предварительно напряжённой арматуры, можно отметить следующее:

- функциональность железобетонных опор ЛЭП является важным обстоятельством для обеспечения энергией важных объектов инфраструктуры. Их разрушения приводит к обрыву электросетей и остановке производственных процессов социальных общественных и производственных зданий и сооружений. Мобильность и надёжность усиления является важным фактором обеспечения стабильной работы экономики и инфраструктуры страны. Следовательно, данный вид усиления является актуальным в подобных ситуациях.

- замена железобетонных опор ЛЭП является дорогостоящим и сложным процессом, поэтому разработка новых методов усиления позволит сократить сроки и стоимость ремонтно-восстановительных работ.

- популярность стыковки арматуры методом опрессовки натяжных муфт за последние годы очень выросла в России в области усиления и нового строительства железобетонных конструкций. Данные научные исследования позволят расширить спектр использования подобных видов материалов, что является несомненным двигателем налаживании собственных производств инструментов по опрессовке и деталей в России.

В заключение нашего исследования, мы можем отметить следующее. Данный вид усиления и восстановления несущей способности железобетонных опор ЛЭП действительно является экономически и технически выгодным, но в дальнейшем эти положения необходимо подтвердить научными экспериментальными исследованиями.

Литература

1. Гроздов В.Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. СПб, 2005. 114 с.



2. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: Усиление, восстановление, ремонт // А.С.В, 2012. 312с.
3. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление железобетонных конструкций с изменением расчетной схемы и напряженного состояния // Львов: Издательское объединение «Вища школа», т.лит, 1976. 147с.
4. Кучеренко В.И. Проектирование усиления внецентренно-сжатых железобетонных элементов (колонн, опор, стоек) //Аллея науки. 2021. Т. 1. №2 (53). С. 141-143.
5. Данилов С.В., Фомичева Л.М. Усиление железобетонных колонн стальными обоймами // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. материалы международной научно-технической конференции. ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет». 2017. С. 240-241.
6. Теряник В.В. Прочность и устойчивость внецентренно сжатых элементов, усиленных железобетонными и металлическими обоймами // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Южно-Уральский государственный университет. Челябинск, 2007, 24 с.
7. Курбанов З.А., Грушевский К.Е. Усиление сборной железобетонной колоны методом железобетонной обоймы // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования. сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2018. С. 169-171.
8. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Ремонт и усиление железобетонных конструкций в зданиях из монолитного железобетона. // Проектирование и строительство монолитных многоэтажных жилых и общественных зданий, мостов и тоннелей. Сборник докладов. 2004 г., С. 195-199



9. 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
 10. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность коротких усиленных стоек при малых эксцентриситетах // Инженерный вестник Дона, 2014, № 4-1(31) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2734
 11. Польской П.П., Георгиев С.В. Влияние различных вариантов внешнего композитного армирования на жесткость гибких сжатых элементов // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826
 12. 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.
 13. Polskoy P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. The deformability of short pillars in various loading options and external composite reinforcement // Web of Conferences 2018. С. 02026.
 14. Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьёва А.И. Исследование сжатых и изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами по новой методике // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7469
 15. Яновская А. В., Алексеева, А. С., Бортникова Д. А. Система контроля качества при установке железобетонных опор ЛЭП // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. В 6 частях, Уфа, 09 декабря 2017 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. С. 195-196.
 16. Гарибов Р.Б. Сопротивление железобетонных несущих конструкций при агрессивных воздействиях окружающей среды // Диссертация на соискание
-

ученой степени доктора технических наук / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Саратов, 2008. 424 с.

17. Долломанюк Р.Ю. Оценка состояния железобетонных конструкций для регрессивной зависимости коррозионных повреждений стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона в условиях открытой атмосферы // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. Сборник материалов III Национальной научно-практической конференции. 2020. С. 524-528.

18. Микульский, В.Г. Игонин Л.А. Сцепление и склеивание бетона в сооружениях // Стройиздат, 1965. 127с.

19. Туманов А.В. Проектирование железобетонных опор линий электропередач: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2013. – 116с.

20. Лунева К.С., Гончаров М.Е., Фомичева И.Ю. Исследование работы стыков сборных железобетонных колонн, выполняемых с использованием обжимных муфт // Перспективы развития фундаментальных наук. Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 томах. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; под ред. И. А. Курзиной, Г. А. Вороновой. 2016. С. 106-108.

21. Избаш М.Ю. Локальное предварительное напряжение сталежелезобетонных балок с криволинейным нижним поясом // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2007. № 39. С. 95-98.

References

1. Grozdov V.T. Usilenie stroitel'nyh konstrukcij pri restavracii zdanij i sooruzhenij [Strengthening of building structures during the restoration of buildings and structures]. SPb, 2005. 114 p.



2. Ivanov Ju.V. Rekonstrukcija zdaniy i sooruzhenij: Usilenie, vosstanovlenie, remont [Reconstruction of buildings and structures: Strengthening, restoration, repair]. A.S.V, 2012. p.312
 3. Hilo E.R., Popovich B.S. Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij s izmeneniem raschetnoj shemy i naprjazhennogo sostojanija [Reinforcement of reinforced concrete structures with a change in the design scheme and stress state]. L'vov: Izdatel'skoe ob#edinenie «Vishha shkola», t.lit, 1976. p.147.
 4. Kucherenko V.I. Alleja nauki. 2021. T. 1. № 2 (53). PP. 141-143.
 5. Danilov S.V., Fomicheva L.M V knige: Materialy, oborudovanie i resursosberegajushhie tehnologii. materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. GU VPO «Belorussko-Rossijskij universitet». 2017. pp. 240-241.
 6. Terjanik V.V. Prochnost' i ustojchivost' vnecentrenno szhatyh jelementov, usilennyh zhelezobetonnyimi i metallicheskimi obojmami [Strength and stability of eccentrically compressed elements reinforced with reinforced concrete and metal cages] Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk / Juzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet. Cheljabinsk, 2007, p. 24.
 7. Kurbanov Z.A., Grushevskij K.E. Usilenie sbornoj zhelezobetonnoj kolony metodom zhelezobetonnoj obojmy. V sbornike: Innovacionnoe razvitie: potencial nauki i sovremennogo obrazovanija. sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3 chastjah. 2018. pp. 169-171.
 8. Hajutin Ju.G., Chernjavskij V.L., Aksel'rod E.Z. Proektirovanie i stroitel'stvo monolitnyh mnogojetazhnyh zhilyh i obshhestvennyh zdaniy, mostov i tonnelej. Sbornik dokladov. 2004 g., S. 195 -199
 9. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3374
 10. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, № 4-1(31) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2734.
-

11. Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826
 12. Majackaja I.A., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V., Fedchenko A.E. Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. 2018. № 12 (64). PP. 33-38.
 13. Polskoj P., Georgiev S., Muradyan V., Shilov A. The deformability of short pillars in various loading options and external composite reinforcement. Web of Conferences 2018. C. 02026.
 14. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'eva A.I., Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485
 15. Janovskaja A. V., Alekseeva, A. S., Bortnikova D. A. Sistema kontrolja kachestva pri ustanovke zhelezobetonnyh opor LJеP (Konceptii fundamental'nyh i prikladnyh nauchnyh issledovanij: Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii). V 6 chastjah, Ufa, 09 dekabrja 2017 goda. Ufa: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij", 2017. pp. 195-196.
 16. Garibov R.B. Soprotivlenie zhelezobetonnyh nesushhih konstrukcij pri agressivnyh vozdeystvijah okruzhajushhej sredy [Resistance of reinforced concrete load-bearing structures under aggressive environmental influences] (Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk) Penzenskij gosudarstvennyj universitet arhitektury i stroitel'stva. Saratov, 2008. 424 p.
 17. Dolomanjuk R.Ju. Ocenka sostojanija zhelezobetonnyh konstrukcij dlja regressivnoj zavisimosti korrozijnyh povrezhdenij stal'noj armatury ot tolshhiny zashhitnogo sloja betona v uslovijah otkrytoj atmosfery (V sbornike: Obrazovanie. Transport. Innovacii. Stroitel'stvo. Sbornik materialov III Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii). 2020. pp. 524-528.
 18. Mikul'skij, V.G. Igonin L.A. Sceplenie i skleivanie betona v sooruzhenijah [Bonding and bonding of concrete in structures]. Strojizdat, 1965. p. 127.
-



19. Tumanov A.V. Proektirovanie zhelezobetonnyh opor linij elektroperedach: ucheb. posobie [Designing of reinforced concrete poles of power lines]. Penza: PGUAS, 2013. 116 p.
20. Luneva K.S., Goncharov M.E., Fomicheva I.Ju. V sbornike: Perspektivy razvitija fundamental'nyh nauk. Sbornik nauchnyh trudov XIII Mezhdunarodnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh: v 7 tomah. Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politehnicheskij universitet; pod red. I. A. Kurzinoj, G. A. Voronovoj. 2016. PP. 106-108.
21. Izbash M.Ju. Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2007. № 39. PP. 95-98.