

## Перспективы использования композитных материалов при строительстве и реконструкции зданий и сооружений

*З.А. Меретуков*

*Майкопский государственный технологический университет*

**Аннотация:** На основании анализа опубликованных в открытой печати результатов большого количества научных исследований, посвященных развитию методов усиления железобетонных конструкций, дано обоснование о необходимости применения и перспективы развития нового метода их усиления связанных с использованием композитных материалов. Предложены актуальные направления дополнительных экспериментальных исследований с целью совершенствования нормативной базы в России по данному направлению.

**Ключевые слова:** сталь, бетон, железобетон, композитная арматура, усиление, прочность, надежность.

Рост объемов капитального строительства в России с использованием новых конструктивных решений вызвал острую необходимость использования новых видов современных строительных материалов и технологий выполнения работ. Число таких материалов в последнее время вошли и композитные. Они используются в качестве внутренней и внешней стекло и углепластиковой арматуры. Общеизвестно также, что с увеличением объемов строительства зданий и сооружений параллельно возрастает и объем затрат, связанных с ремонтом и реконструкцией существующих и вновь возводимых зданий.

Реконструкция зданий и сооружений невозможна без восстановления или увеличения несущей способности существующих строительных конструкций. Она может быть утрачена в результате их износа в процессе длительной эксплуатации; при увеличении нагрузки или перегрузки конструкций, вследствие наличия агрессивной среды, ошибок при проектировании и строительстве и др.

Увеличение несущей способности конструкций невозможно без их усиления. В этой связи, прежде чем говорить о перспективах использования композитных материалов в строительстве, включая и усиление, необходимо

---

остановиться на методах усиления железобетонных конструкций. Это важно для того, чтобы понять почему уже достаточно давно за рубежом, а в России только в последнее время, всё большее распространение получают технологии усиления с использованием композита.

Первые сведения об усилении железобетонных конструкций, как известно, относятся к 1912 году и были выполнены в США. В России первое успешное усиление состоялось в 1919 году. Оно было осуществлено инженером В.К. Струве наращиванием в виде замкнутого сечения по периметру существующей конструкции и выполнено из бетона и дополнительной арматуры.

Данный метод усиления обладает целым рядом преимуществ, которые в ряде случаев невозможно превзойти. Основное из этих преимуществ – органическая идентичность элементов усиления с существующими железобетонными конструкциями. При этом сохраняется основное и очень важное свойство железобетона – его монолитность. Именно этим фактором и вызвана высокая эффективность данного метода усиления, а также его надежность и долговечность. С учетом всего сказанного, данный метод усиления часто называют классическим (универсальным). Конструктивно это представлено следующим образом.

Толщина любого вида наращивания (набетонок) определяется расчетом, но принимается не менее 60 мм согласно конструктивных требований. Оптимальная толщина наращивания – 100-150 мм, но не более 250-300 мм. В качестве бетона для наращивания используется бетон на один класс выше по сравнению с прочностью бетона существующей конструкции. В качестве дополнительной арматуры используется мягкая сталь, имеющая площадку текучести. Как правило, это класс А400. В существующих конструкциях ранее использовалось арматура класса А300 (АII) и А240(АI).

В развитие вышеуказанного метода усиления, в 60-х годах прошлого столетия, был предложен метод внешнего армирования, основанный на приклеивании дополнительных стальных полос, либо обычных или преднапряженных железобетонных элементов. Клеевой основой служили составы на основе эпоксидных смол.

В 70-х годах ушедшего столетия начал развиваться нетрадиционный способ усиления конструкций, который по сути своей является разновидностью уже упомянутого выше метода внешнего армирования. В частности, в 1978 году, в Германии были выполнены исследования изгибаемых элементов, усиленных композитными материалами [1]. В начале 80-х годов, в Японии, проводились испытания сжатых элементов [2].

В России, в силу целого ряда известных причин, исследование железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами, началось лишь в начале 21 столетия. Однако, в настоящее время оно находится в активной фазе.

Этой проблемой при различных силовых воздействиях занимались многие отечественные ученые. В их числе Клевцов В.А., Хаютин Ю.Г., Мухамедиев Т.А., Шилин А.А., Картузов Д.В., Бокарев С.А., Маилян Д.Р., Аксельрод Е.З., Польской П.П., Кузеванов Д.В., Чернявский В.Л., Шевцов Д.А. и др.

При исследовании новых видов материалов, конструкций на их основе, а также методов усиления, особую роль играет единая методика усиления и испытания конструкций, выполненных при этом в одинаковых условиях. Залогом успеха является также комплексность проводимых исследований при различных видах напряженно-деформированного состояния и под единым руководством. С учетом сказанного, следует выделить обширные исследования кафедры железобетонных и каменных конструкций

---

Ростовского Государственного строительного университета. В настоящее время – это Донской Государственный технический университет (ДГТУ).

В частности, начиная с 2012 года в лаборатории кафедры начались комплексные исследования железобетонных конструкций по двум направлениям. Первое – использование композитных материалов в качестве внутренней стержневой рабочей арматуры [3,4,5]. Второе направление – внешнее армирование конструкций, которая является элементами усиления [6,7,8].

Указанные исследования проводились для трех видов напряженно-деформированного состояния – это нормальные и наклонные сечения изгибаемых элементов и сжатые элементы при различных значениях эксцентриситета приложения нагрузки и гибкости стоек. К настоящему времени в изданиях, реферируемых ВАК и SCOPUS, опубликовано более 60 статей.

Наиболее значимыми с точки зрения новизны и актуальности использования композитных материалов в качестве элементов усиления являются:

- Исследования, связанные с уточнением расчёта ширины раскрытия нормальных трещин и прогибов изгибаемых элементов, усиленных стекла и углепластиком [9,10].

- Вопросы прочности и деформативности усиленным сжатым элементам из различных видов тяжёлого бетона загруженных при трех эксцентриситетах приложения нагрузки [11,12,13].

Поведение конструкций из самонапрягающих высокопрочных бетонов и бетонов на пористых заполнителях при возможном усилении композитами [14].

Суть нового метода усиления состоит в последовательном выполнении следующих операций: подготовке поверхности, очищенной от цементного

---

молока, затем грунтовка, шпаклевка и далее нанесение клеевого слоя, образованного отвержденным термореактивным составом; приклеивание однослойного или многослойного композитного материала в виде внешнего армирования и, при необходимости, защита системы усиления от неблагоприятных воздействий.

Основным видом композитных материалов, используемых при усилении строительных конструкций методом внешнего армирования, являются одно- или двуоснонаправленные стеклопластики и углепластики. Они выпускаются в виде ткани или полос (ламинаты). Толщина для тканей составляет 0,086-0,337 мм. Полосы имеют ширину 50, 100 и 125 мм и толщину – 1,2 или 1,4 мм.

Несомненным достоинством этих материалов являются: высокая прочность на растяжение, которая в 7-12 раз выше, чем прочность на растяжение стали класса А400; малый собственный вес; невосприимчивость к агрессивной среде. Для углепластиков – это еще и практически одинаковый со сталью модуль упругости. К этому необходимо добавить технологичность выполнения работ, т.к. отсутствуют влажные процессы и сварочные работы, легкость транспортировки, возможность усиления криволинейных поверхностей с переменным радиусом кривизны. Всё это и определило ускоренное внедрение нового метода усиления.

Следует отметить и тот факт, что определенную роль в повышении «рейтингов» нового метода усиления конструкций в России сыграл переход от сборного железобетона к монолитному. Вместе с этим произошло и изменение конструктивных решений возводимых зданий. В настоящее время это, в основном, строительство безбалочных каркасно-монолитных зданий.

Для безбалочных плит перекрытия, работающих при знакопеременных усилиях, классический метод усиления уже неприемлем, т.к. предполагает двухстороннюю набетонку плиты перекрытия толщиной 50 мм. Это

---

приводит не только к дополнительному увеличению нагрузки на 250 кг/м<sup>2</sup>, но и чрезмерных трудозатрат по усилению таких перекрытий. Как правило, становится необходимым и усиление нижерасположенных конструкций.

Результаты исследований кафедры нашли не только научное, но и практическое применение [15]. В 2014 году они были внедрены на Аксайском автоцентре Ростовской области.

Это здание имеет площадь 2400м<sup>2</sup> и представлено двухэтажным монолитным безбалочным каркасом с нерегулярной и нестандартной сеткой колонн 5; 6 и 7x8 м. с размерами в плане 25x48 м. Толщина усиленных плит перекрытия – 30 см. над первым этажом и 25 см. – над вторым.

При разработке проекта усиления здания Аксайского автоцентра авторами научных исследований были использованы те же композитные материалы, что и при проведении экспериментов.

И здесь важно отметить, что все работы по проекту усиления каркасно-монолитного здания композитными материалами были выполнены всего за 1,5 месяца, летом 2014 г. Для усиления традиционным методом потребовалось бы не менее полугода.

К настоящему времени это самый крупный объект на Северном Кавказе, усиленный с использованием нового метода усиления.

Рассуждая далее о перспективах использования композитных материалов при строительстве и реконструкции, важно отметить два момента, – это наличие объектов усиления и самих композитных материалов. В этом плане можно с уверенностью констатировать о наличии первого и второго факторов.

Объектами, подлежащими усилению, является все конструкции промышленных зданий, выполненных из железобетона и прослуживших более 50 лет, а также объекты нового строительства – каркасно-монолитные здания с безбалочными перекрытиями. Как показывает практика,

---

конструкции таких зданий всё чаще приходится усиливать ещё в процессе строительства.

В настоящее время нет проблем и с наличием композитных материалов на российском рынке строительных материалов как по количеству, так и по сортаменту и качеству и сортаменту.

Поставщиками композитных материалов и всех сопутствующих при усилении расходных материалов являются:

-Компания «BASF Строительные системы», головной офис которой располагается в Москве. Именно с этой компанией кафедра ЖБК ДГТУ сотрудничает уже в течение 5 лет. Она является поставщиком композитной продукции, немецкой компании «BASF». В Россию поставляет полную систему усиления конструкций под брендом MBrace, в которой входят однонаправленная углеткань под маркой MBrace FIB, углеламинаты (ламели) MBrace laminate Adesivo, а также стержни круглого сечения (MBrace BAR) для усиления конструкций вклеиванием. Возможны также поставки композитных материалов на основе стекло и арамидных волокон.

-Компания ООО «Sika» находится в г. Лобня Московской области. Она является представителем и поставщиком продукции компании Sika Schweiz (Швейцария). В Россию поставляется однонаправленная ткань, ламинаты (полосы) на основе углеродных волокон и эпоксидном связующем.

-Компания ЗАО «Асока», расположенная в г. Москва, поставляет также из Швейцарии более широкий спектр композитных материалов на основе углерода, стекла, арамида, полиэстера и все связующие материалы. Свои представительства в Москве по поставке широкого спектра композитной продукции имеют компании «МАРЕУ» из Италии и «FifeCo.LLC» из Калифорнии (США). Обе эти компании для стержневой арматуры поставляют и концевые (торцевые) анкеры.

---

Собственно, Российский рынок композитных материалов, которые используются при усилении конструкций, существует совсем недавно. Выпускаются наиболее востребованные для усиления материалы на основе углеродных волокон. Композитную арматуру производят и поставляют всего 2 компании – с 1976 года это ООО "Аргон" (г. Балаково) и ЗАО "Препрег-СКМ" (г. Климовек). В 2009 г. эти компании вошли в структуру холдинговой компании "Композит". С 2015 года в этот холдинг вошёл и завод "Алабуга-волокно" (Республика Татарстан). Специализированную продукцию для внешнего армирования конструкций при их усилении начали выпускать с 2011 года.

Третьим, но не менее важным, фактором в вопросах усиления конструкций и перспектив использования новых видов строительных материалов является наличие нормативной базы. Вышедший в сентябре 2014 года Свод Правил по усилению железобетонных конструкций композитными материалами, поставил на законную основу вопросы проектирования таких элементов. Однако первая редакция этого свода не решила ещё многих проблем. В их числе очевидны следующие:

- Настало время для разработки сортамента изделий из композитных материалов (по аналогии со стальной арматурой или прокатом) с указанием нормативных и расчетных характеристик однослойных и многослойных элементов усиления различной толщины. Это связано со сложностью испытания опытных образцов и в первую очередь из-за отсутствия материальной базы.

- Не менее важным является проведение длительных испытаний конструкций, как по прочности, так и по деформативности, при усилении композитными материалами под нагрузкой или без неё.



## Литература

1. Zhang Ai-hui, Jin Wei-liang, Li Gui-bing. Behavior of preloaded RC beams strengthened with CFRP laminates // Journal of Zhejiang University-SCIENCE A. 2006. Vol. 7, №3. pp. 436-444.
2. J. B. Mander; M. J. N. Priestley; and R. Park, Fellow, ASCE. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete // Journal of Structural Engineering. Vol. 114, №8. 1988. URL: doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)
3. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О прочности балок из тяжелого бетона при использовании стальной, углепластиковой и комбинированной арматуры, расположенной в два ряда // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2096
4. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О деформативности изгибаемых элементов из тяжелого бетона при двухрядном расположении углепластиковой и комбинированной арматуры // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2094
5. Польской П.П., Хишмах М., Михуб А. О возможности использования круглых углепластиковых стержней в качестве рабочей арматуры для изгибаемых элементов // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 211-213.
6. Маилян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Конструкция каркасов и схемы испытания опытных стоек, усиленных углепластиком // Научное обозрение. 2014. № 10-3. С. 667-670.
7. Маилян Д.Р., Маилян Р.Л., Хуранов В.Х. Способы изготовления железобетонных конструкций с переменным преднапряжением по длине элемента // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 5. С. 4-11.

8. Маилян Д.Р., Маилян Р.Л., Осипов М.В. Железобетонные балки с предварительным напряжением на отдельных участках // Бетон и железобетон. 2002. № 2. С. 18.

9. Маилян Д.Р., Польской П.П. О расчете ширины нормальных трещин балок, усиленных стекло и углепластиком // Научное обозрение. 2014. № 12. С. 490.

10. Польской П.П., Маилян Д.Р. Об уточнении расчетов прогибов балок, усиленных композитными материалами // Научное обозрение. 2014. № 12. С. 493.

11. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность гибких усиленных стоек при больших эксцентриситетах // Научное обозрение. 2014. № 12. С. 496.

12. Мкртчян А.М., Маилян Д.Р. Расчет железобетонных колонн из высокопрочного бетона по недеформированной схеме // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 72-76.

13. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Блягоз А.М., Сморгунова М.В. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // Новые технологии. 2013. № 3. С. 135-143.

14. Давидюк А.Н., Маилян Д.Р., Несветаев Г.В. Самоуплотняющиеся высокопрочные и легкие бетоны на пористых заполнителях для эффективных конструкций // Технологии бетонов. 2011. № 1-2. С. 57-59.

15. Польской П.П., Маилян Д.Р. Опыт использования композитных материалов при усилении здания Аксайского автоцентра // Научное обозрение. 2014. № 12-3. С. 762-765.

### References

1. Zhang Ai-hui, Jin Wei-liang, Li Gui-bing. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A. 2006. Vol. 7. №3. pp. 436-444.



2. J. B. Mander; M. J. N. Priestley; and R. Park, Fellow, ASCE. Journal of Structural Engineering. Vol. 114. №8. 1988. URL: doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)

3. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P., Mervat H., Kurgin K.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2096

4. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P., Mervat H., Kurgin K.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2094

5. Pol'skoj P.P., Hishmah M., Mihub A. Nauchnoe obozrenie. 2012. № 6. pp. 211-213.

6. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 10-3. pp. 667-670.

7. Mailjan D.R., Mailjan R.L., Huranov V.H. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2004. № 5. pp. 4-11.

8. Mailjan D.R., Mailjan R.L., Osipov M.V. Beton i zhelezobeton. 2002. № 2. p. 18.

9. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12. p. 490.

10. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12. p. 493.

11. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12. p. 496.

12. Mkrтчjan A.M., Mailjan D.R. Nauchnoe obozrenie. 2013. № 11. pp. 72-76.

13. Mkrтчjan A.M., Aksenov V.N., Mailjan D.R., Bljagoz A.M., Smorgunova M.V. Novye tehnologii. 2013. № 3. pp. 135-143.

14. Davidjuk A.N., Mailjan D.R., Nesvetaev G.V. Tehnologii betonov. 2011. № 1-2. pp. 57-59.

15. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12-3. pp. 762-765.