

УДК 69.059

УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ



REINFORCEMENT OF METAL STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

Еременко Екатерина Андреевна

Магистрант кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
wertay77@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору метода усиления строительных металлических конструкций композитными материалами. Дано описание самой технологии, преимущества и сферы применения.

Ключевые слова: методы усиления строительных конструкций, композитные материалы, деформации, напряжения, преимущества, технология.

Eremenko Ekaterina Andreevna

Master Student of the Department of
Building Structures,
Kuban State Technological University
wertay77@yandex.ru

Annotation. This article is devoted to a review of the method of reinforcing building metal structures with composite materials. The description of the technology itself, advantages and scope of application is given.

Keywords: methods for strengthening building structures, composite materials, deformations, stresses, advantages, technology.

Здания и сооружения подвержены большим нагрузкам разной природы, что приводит к неминуемым разрушениям. Для того, чтобы увеличить общий срок эксплуатации сооружений, а также его стойкость к нагрузкам и повысить сопротивляемость разрушающим факторам проводят мероприятие, называемое, усилением.

В строительной индустрии наблюдается рост применения металлических конструкций.

На металлические конструкции воздействуют такие факторы, как:

- Силовые воздействия;
- Температурные воздействия;
- Воздействие агрессивных сред;
- Итогами негативных воздействия являются:
- Снижение несущей способности;
- Сокращение жизненного цикла;
- Механические повреждения;
- Прогибы, вмятины, искривления, истирания;
- Ошибки проектирования, монтажа и эксплуатации;
- Реконструкция, расширение, техническое перевооружение и т.д.

Одними из самых современных материалов для усиления металлических конструкций являются композитные материалы.

Композитный материал – это неоднородный сплошной материал, который состоит из двух и более компонентов. Совокупность состава и свойств компонентов делают материал уникальным.

Перед усиление металлических конструкций композитными материалами предварительно выполняют расчеты, оценивают общее состояние здания, устанавливают степень прочности металла, а также выявляют месторасположение дефектов и их причины.

Этапы усиление металлических конструкций композитными материалами:

1. Выбор композитного материала

Для получения требуемой прочности и долговечности усиливаемых конструкций важны такие параметры, как:

- Модуль упругости;
- Предел прочности при растяжении;
- Формы;
- Конфигурации.

2. Подготовка поверхности усиливаемого элемента

Качество обработки поверхности предопределяет надежность соединения композитных материалов с конструкцией, что в последствие влияет на ее эксплуатационные характеристики.

3. Предотвращение гальванической коррозии

Для исключения появления гальванической коррозии используют изолирование различных металлов друг от друга, при этом между ними наносят слой стойкого герметика или клея с хорошими изоляционными свойствами.

4. Выбор клея и технологии приклеивания

Важными параметрами при выборе клея являются:

- Время отвердевания клея;
- Толщина слоя покрытия клеем;
- Напряжение сдвига в результате циклической нагрузки.

5. Контроль качества в процессе усиления

Контроль качества металлических конструкций осуществляется частично разрушающими и неразрушающими испытаниями, в результате которых оценивается прочность композитных материалов против расслаивания.

Преимущества усиления металлических конструкций композитными материалами:

- малый вес при отличной прочности материала;
- легкость, скорость монтажа;
- стойкость к коррозионному воздействию;
- срок службы не менее 100 лет;
- увеличение несущей способности сооружения;
- отсутствие роста нагрузки по массе;
- неподверженность коррозии, влаге;
- эстетичность системы усиления;
- отсутствие температурного воздействия (нет сварки);
- возможность применения технологии на труднодоступных поверхностях;
- высокая надежность;
- экологичность.

Усиление при помощи композитных материалов является международным инновационным методом восстановления и увеличения несущей способности конструкции, а также восстановлению эксплуатационной пригодности строительных конструкций.

В нашей стране этот метод используется реже за неимением теоретических и экспериментальных исследований. Но все же композиты нашли широкое применение именно для усиления металлических конструкций – стабилизации коррозионных процессов, обеспечения требуемой несущей способности, сокращения трудоемкости, сроков строительства и материальных расходов.

Национальным авиационным университетом, компанией ООО «ЛИРА САПР» и Киевским национальным университетом строительства и архитектуры города Киева Украины было проведено исследование при помощи моделирования усиления рамы композитными материалами в программе ЛИРА-САПР.

Этапы Процесса расчета усиления рамы (рис. 1):

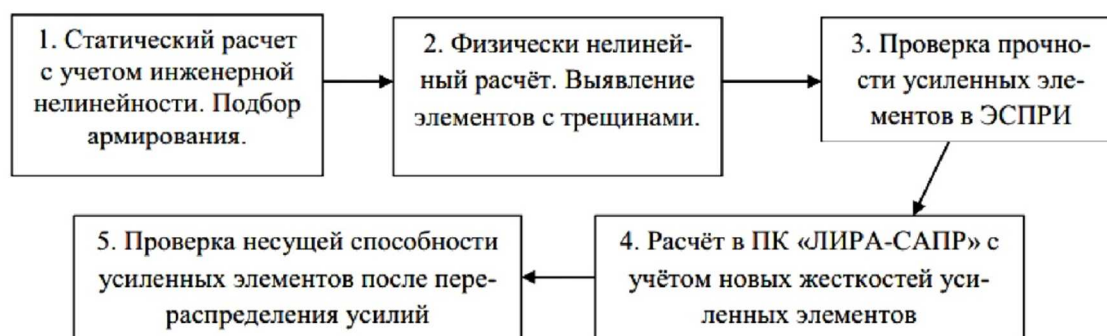


Рисунок 1 – Алгоритм выполнения расчета усиления рамы в программе ЛИРА-САПР

Исследование проводилось на примере расчетной модели рамы (рис. 2).

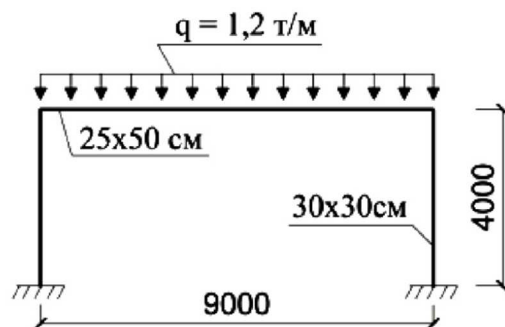


Рисунок 2 – Расчетная схема рамы

После расчета с учётом физической нелинейности были получены схемы НДС тестовой рамы (рис. 3).

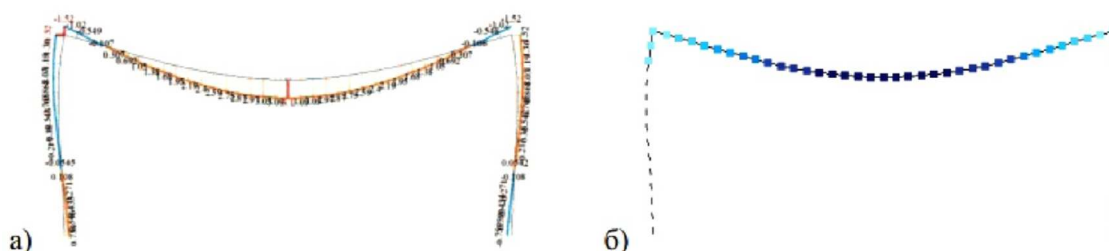


Рисунок 3 – Схемы НДС: а) деформированная схема; б) мозаика перемещений

Расчетом было определено, что на 3 стадия отмечается появлением в некоторых местах рамы трещин.

На рисунке 4 показаны диаграммы напряжений и деформаций в поперечных сечениях балки и колонн, до появления трещин и после

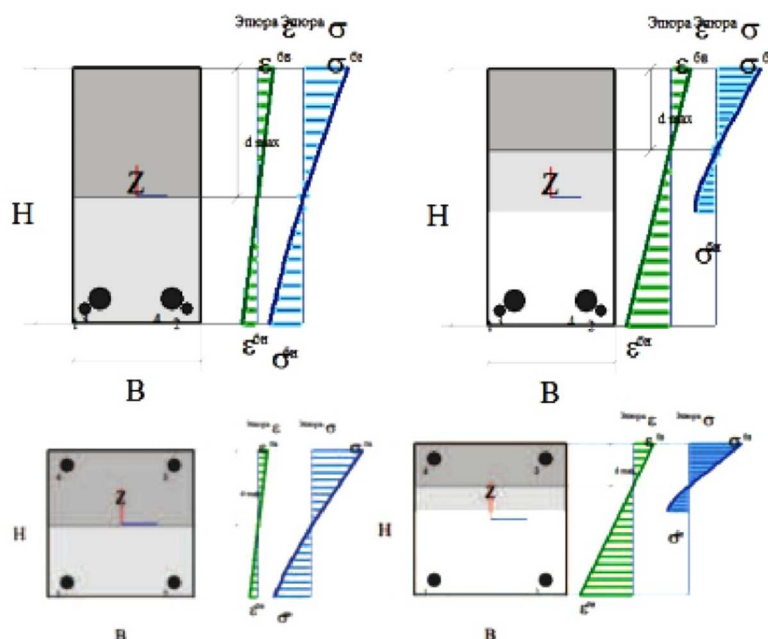


Рисунок 4 – Диаграммы напряжений и деформаций поперечных сечений схемы

Испытателями было принято решение усиливать раму композитом марки Aslan 400 CFRP Laminate с жесткостными характеристиками (табл. 1):

Таблица 1 – Характеристики композита Aslan 400 CFRP Laminate

Наименование характеристики	Значение
Толщина монослоя	1,4 мм
Модуль упругости, E	131000 МПа
Деформация при разрыве	0,0187 %
Прочность материала на растяжение	2400 МПа
Коэффициент условий работы	1

После усиления рамы композитным материалом были выявлены следующие изменения:

– Величина перемещений вдоль оси z стала меньше, потому что композитный материал позволил повысить жесткость конструкции, уменьшая при этом ее деформации.

– При усилении конструкции композитными материалами между конечными элементами происходит перераспределение усилий.

Выводом исследования стало то, что использование композитных материалов для усиления конструкций позволяет не только повысить несущую способность конструкции, продлить срок ее эксплуатации, предотвратить аварийную ситуацию, устранить ошибки проектирования и монтажа, но и обеспечить надежность и долговечность конструкции.

Литература

1. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. Леонова А.Н., Бибииков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 16–21.
4. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
5. Чернявский В.Л., Хаютин Ю.Г. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М.: НИИЖБ, 2006. – 48 с.
6. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
7. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.М. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. – М.: Стройиздат, 2007. – 184 с.
8. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства. – К.: Сталь, 2014. – 301 с.
9. Бокарев С.А., Смердов Д.Н. Нелинейный анализ железобетонных изгибаемых конструкций, усиленных композитными материалами // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 46. – С. 113–125.

References

1. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // In the collection: Topical issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building structures with composite polymer materials in conditions of high and low temperatures // Prospects of science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.

3. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of reinforcing horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovations in construction. Collection materials of the III International scientific and practical conference. – 2020. – P. 16–21.
4. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment // Vestnik MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
5. Chernyavsky V.L., Khayutin Yu.G. Guidelines for Reinforcing Reinforced Concrete Structures with Composite Materials. – M. : NIIZhB, 2006. – 48 p.
6. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their effect on material properties: Development and innovations in construction // Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
7. Shilin A.A., Pshenichny V.A., Kartuzov D.M. External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. – M. : Stroyizdat, 2007. – 184 p.
8. Barabash M.S. Computer modeling of the life cycle processes of construction objects. – K. : Steel, 2014. – 301 p.
9. Bokarev S.A., Smerdov D.N. Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Flexural Structures Reinforced with Composite Materials // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2010. – № 46. – P. 113–125.