

*Вагурина Юлия Алексеевна*  
*Студентка 2 курса магистратуры, Кафедра технологий строительства*  
*и конструкционных материалов*  
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение*  
*высшего образования «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ*  
*НАРОДОВ ИМЕНИ ПАТРИСА ЛУМУМБЫ» (РУДН)*

## **ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ УСИЛЕНИИ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Аннотация:** В статье рассматриваются актуальные проблемы, возникающие при реконструкции и восстановлении несущей способности сжатых элементов (колонн, пилонов, стен) монолитных железобетонных зданий. Проведен анализ традиционных (железобетонные рубашки, стальные обоймы) и современных (внешнее армирование полимерными композитными материалами) методов усиления. Особое внимание уделено вопросам обеспечения совместной работы «старого» и «нового» бетона, необходимости разгрузки конструкций перед усилением и влиянию эффекта бокового обжатия на повышение прочности сжатых элементов. Предложены комплексные решения для повышения эффективности ремонтно-восстановительных работ.

**Ключевые слова:** монолитный железобетон, сжатые элементы, колонны, усиление конструкций, стальная обойма, композитные материалы, углеволокно, напряженно-деформированное состояние.

**Abstract:** The article discusses the current problems that arise during the reconstruction and restoration of the bearing capacity of compressed elements (columns, pylons, walls) of monolithic reinforced concrete buildings. The analysis of traditional (reinforced concrete jackets, steel clips) and modern (external reinforcement with polymer composite materials) reinforcement methods is carried out. Special attention is paid to the issues of ensuring the joint operation of "old" and "new" concrete, the need to unload structures before reinforcement, and the effect of lateral compression on increasing the strength of compressed elements.

Comprehensive solutions have been proposed to improve the efficiency of repair and restoration work.

**Keywords:** monolithic reinforced concrete, compressed elements, columns, reinforcement of structures, steel cage, composite materials, carbon fiber, stress-strain state.

## **1. Введение**

Монолитный железобетон является одним из самых востребованных материалов в современном строительстве благодаря своей долговечности, пространственной жесткости и архитектурной выразительности. Однако в процессе эксплуатации зданий часто возникает необходимость в усилении несущих конструкций. Это может быть связано с ошибками проектирования, нарушениями технологии производства работ (снижение класса бетона), физическим износом, изменением функционального назначения здания или надстройкой дополнительных этажей.

Особую ответственность при реконструкции представляют сжатые элементы — колонны, пилоны и несущие стены, так как исчерпание их несущей способности может привести к прогрессирующему обрушению всего здания. Цель данной статьи — систематизировать основные проблемы, возникающие при усилении сжатых элементов, и рассмотреть эффективные пути их решения.

## **2. Основные проблемы при усилении сжатых элементов**

**Проектирование и производство работ по усилению сжатых элементов сопряжено с рядом специфических трудностей:**

- 1. Проблема включения элементов усиления в работу.** Если усиление производится без предварительной разгрузки колонны, новые элементы (стальные уголки, рубашка или композит) будут воспринимать только ту часть нагрузки, которая добавится после их монтажа. Основная доля напряжений останется в существующем сечении.
- 2. Обеспечение совместной работы материалов.** Различие модулей упругости, усадка нового бетона, ползучесть и недостаточная адгезия на

границе контакта старого и нового материалов приводят к отслоениям и неравномерному распределению усилий.

3. **3.Ограничения по габаритам и массе.** Традиционные методы усиления (железобетонные обоймы) значительно увеличивают сечение колонн, что сокращает полезную площадь помещений и увеличивает собственный вес конструкции, догружая фундаменты.

4. **4.Сложность узловых сопряжений.** Передача усилий через перекрытия при усилении колонн многоэтажных зданий является сложной инженерной задачей, так как зона пересечения колонны и плиты перекрытия часто остается «слабым звеном».

### **3. Традиционные методы усиления и пути решения проблем**

#### **3.1. Железобетонные рубашки и обоймы**

Метод заключается в устройстве по периметру существующей колонны нового слоя железобетона с продольной и поперечной арматурой.

- **Проблема:** Усадка нового бетона приводит к образованию микротрещин на границе контакта, из-за чего рубашка работает отдельно от ядра.
- **Решение:** Применение напрягающих цементов (НЦ) или безусадочных бетонных смесей. Для улучшения сцепления поверхность старого бетона насекают, обрабатывают пескоструйным аппаратом, промывают под давлением и наносят адгезионные составы (эпоксидные праймеры). Для передачи нагрузки через перекрытия устраиваются сквозные отверстия в плите, через которые пропускается продольная арматура рубашки.

#### **3.2. Стальные обоймы**

Состоят из продольных уголков, устанавливаемых по углам колонны, и поперечных соединительных планок.

- **Проблема:** Неплотное прилегание уголков к телу колонны; отсутствие предварительного напряжения стальной обоймы.

- **Решение:** Для включения обоймы в работу используется метод термонапряжения. Поперечные планки привариваются к продольным уголкам в нагретом состоянии (до 100–120 °С). При остывании планки укорачиваются, создавая эффект бокового обжатия (конфайнмента) бетона колонны. Зазоры между уголками и бетоном обязательно инъецируются полимерцементными или эпоксидными растворами.

#### **4. Современные решения: усиление полимерными композитными материалами (ПКМ)**

В последние десятилетия широкое распространение получило внешнее армирование углеродными волокнами (FRP-системы). Для сжатых элементов этот метод применяется в виде бандажей — сплошной или шаговой обмотки колонны холстами из углеволокна.

**Механизм работы:** При сжатии бетон стремится расширяться в поперечном направлении (эффект Пуассона). Углеродная обойма, обладающая колоссальной прочностью на растяжение (до 4000 МПа), препятствует этому расширению. Возникает объемное напряженное состояние бетона, при котором его прочность на сжатие возрастает в 1.5–2.5 раза.

- **Проблемы применения ПКМ:**

1. *Концентрация напряжений на углах.* Углеволокно ломается при перегибе под прямым углом.
2. *Огнестойкость.* Эпоксидные матрицы теряют свои свойства при температуре свыше 60–80 °С.

- **Решения:**

1. Перед наклейкой холстов углы прямоугольных колонн необходимо скруглять (радиус скругления не менее 20–30 мм) с помощью шлифовального инструмента.
2. Для обеспечения требований пожарной безопасности поверх системы усиления наносятся специальные огнезащитные штукатурные составы или монтируются огнезащитные плиты.

#### **5. Сравнительный анализ и выбор оптимального решения**

Выбор метода усиления зависит от степени повреждения, требуемого процента повышения несущей способности и условий эксплуатации:

| <b>Критерий</b>                       | <b>Железобетонная обойма</b>       | <b>Стальная обойма</b>           | <b>Композитные материалы (ПКМ)</b>      |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|
| <b>Увеличение несущей способности</b> | Очень высокое (до 200% и выше)     | Высокое (до 100-150%)            | Среднее/Высокое (до 50-100%)            |
| <b>Увеличение габаритов и массы</b>   | Значительное                       | Незначительное                   | Отсутствует                             |
| <b>Трудоемкость и сроки</b>           | Высокие (мокрые процессы, прогрев) | Средние (сварочные работы)       | Низкие (быстрый монтаж)                 |
| <b>Коррозионная стойкость</b>         | Высокая                            | Низкая (требует защиты)          | Абсолютная                              |
| <b>Необходимость разгрузки</b>        | Желательна                         | Обязательна (или преднапряжение) | Не требуется (работает при деформациях) |

**Таблица 1. Сравнительный анализ и выбор оптимального решения**

## **6. Заключение**

Усиление сжатых элементов монолитных железобетонных конструкций — сложная многофакторная задача. Анализ существующих методов показывает, что универсального решения не существует.

Традиционные методы (стальные и железобетонные обоймы) остаются незаменимыми при необходимости радикального увеличения несущей

способности и при значительных разрушениях защитного слоя бетона. Однако их применение требует тщательного контроля за обеспечением совместной работы материалов (инъектирование зазоров, применение безусадочных смесей, термонапряжение).

Инновационные методы с использованием углеродных лент демонстрируют высокую эффективность за счет создания эффекта объемного обжатия без изменения геометрии сечения. Главным условием их успешного применения является правильная подготовка поверхности (скругление углов) и надежная огнезащита.

Наилучший результат при реконструкции достигается за счет комплексного подхода: точной инструментальной диагностики НДС конструкции, частичной разгрузки элемента перед началом работ и комбинирования методов (например, восстановление геометрии сечения ремонтными составами с последующей обмоткой углеволокном).

#### **Список литературы**

1. Симаков О.А. Анализ факторов, вызывающих необходимость усиления железобетонных конструкций. Строительство и реконструкция. 2019. №1. С. 76-84.
2. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон: проблемы и перспективы. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. 51-54
3. Тамразян А.Г., Орлова М.А. К остаточной несущей способности железобетонных балок с трещинами. Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 32-34.
4. Мухамедиев Т.А. Проектирование усиления железобетонных конструкций внешним армированием композиционными материалами//Бетон и железобетон -взгляд в будущее. Научные труды. III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. 2014. С. 34-44.