

Анализ способов усиления строительных конструкций объектов военной инфраструктуры

М.Н. Ерофеев¹, А.Н. Ключев², В.В. Петров², И.М. Таутиев², Л.А. Хочев²

¹Институт машиноведения имени А.А. Благодирова Российской академии наук,
г. Москва;

²Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-
технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева,
г. Санкт-Петербург

Аннотация: Работа посвящена анализу существующих и применяемых на практике способов усиления строительных конструкций, дана оценка выбору оптимального способа усиления строительных конструкций, рассмотрены основные достоинства и недостатки этих способов, возможность и экономическая обоснованность их использования в интересах Министерства обороны Российской Федерации.

Ключевые слова: строительные конструкции, усиление, несущая способность, техническое обследование, эффективность, военная инфраструктура.

В сфере современной строительной отрасли Министерства обороны всё большее значение приобретает реконструкция зданий и сооружений, которая по своим объёмам часто превосходит новое строительство [1]. Реконструкция предполагает необходимость выполнения комплекса работ по усилению несущих конструкций для восстановления или повышения их эксплуатационных качеств [2]. Главнейшая из них – *несущая способность* конструкции. Восстановление несущей способности требуется при наличии дефектов конструкции, вызывающих её снижение [3]. Усиление конструкций, направленное на повышение их несущей способности, необходимо также при реконструкции здания или сооружения, связанной с увеличением нагрузок [4].

Разработке проекта усиления строительных конструкций всегда предшествует техническое обследование здания или сооружения [5]. От того, насколько полно будут выявлены дефекты, и насколько достоверно будет оценено их влияние на несущую способность конструкции, зависит правильность выбранного метода усиления строительных конструкций и

надёжность их дальнейшей эксплуатации. В практике встречается как необоснованное завышение степени усиления конструкций, так и недостаточность предлагаемых мероприятий по усилению [6].

Несущую способность строительных конструкций можно повысить различными способами. Поэтому всегда желательна разработка нескольких вариантов усиления, что позволит выбрать оптимальный для каждого конкретного случая способ. При этом должны учитываться возможности строительной организации (технические, материальные), которая будет выполнять работы по усилению. Однако не следует при выборе метода усиления ориентироваться только на технологию, которая освоена какой-либо конкретной организацией, так как она может оказаться не лучшей для данных условий.

Все существующие методы усиления строительных конструкций можно подразделить на два вида: устройство разгружающих или заменяющих конструкций и увеличение несущей способности усиливаемой конструкции [7].

Разгружающие или заменяющие конструкции представляют собой новые конструкции, устанавливаемые над, под или рядом с конструкцией, несущая способность которой недостаточна. Если новая конструкция работает вместе со старой, частично разгружая её, то она называется разгружающей. Заменяющая конструкция полностью воспринимает все нагрузки, приходящиеся на старую. После возведения заменяющей конструкции старая может сохраняться или разбираться. В практике проектирования усилений *разгружающие или заменяющие конструкции* принимаются по различным конструктивным схемам и решениям - от простых одиночных балок, разгружающих отдельные несущие элементы до системы балок и конструкций, разгружающих целые участки перекрытий [8]. В ряде случаев применяют *разгружающие или заменяющие конструкции смешанного типа*, когда на отдельных участках устраивают

конструкции полностью разгружающие, а воспринимаемую ими нагрузку передают на конструкции частично разгружающие.

Эффективность *разгружающих* или *заменяющих конструкций* может быть резко увеличена, если применить к ним метод предварительного напряжения, который позволит использовать для усиления жестких конструкций более гибкие металлические элементы [9]. При этом может быть достигнута практически любая степень разгрузки или замены без необходимости предварительного снятия нагрузки с разгружаемой или заменяемой конструкции. Как показывают опыты, предварительно напряженные разгружающие конструкции в натуре получаются более экономичными, легкими и простыми в изготовлении и монтаже.

Как правило, возведение разгружающих и заменяющих конструкций не представляет большой сложности и является наиболее простым и давно применяемым строителями способом [10]. С помощью разгружающих и заменяющих конструкций частично или даже полностью снимают нагрузку с какого-либо элемента и передают ее на те элементы, которые могут воспринять возросшие нагрузки. Как известно, разгружающие или заменяющие конструкции должны быть при этом достаточно жесткими, так как распределение приложенной после усиления нагрузки между разгружаемой (заменяющей) и разгружающей (заменяющей) конструкциями происходит прямо пропорционально их жесткостям. Поэтому, к примеру, использование для усиления железобетонных балок металлических разгружающих или заменяющих конструкций обычно на практике требует больших затрат металла на создание конструкций, по жесткости равным усиливаемым балкам, но даже и в этом случае металлические разгружающие или заменяющие конструкции воспринимают на себя обычно не более половины нагрузки, приложенной после усиления. Кроме этого, усиление балок применением разгружающих или заменяющих металлических конструкций, как правило, требует длительного

остановочного периода в работе объекта, что вызывает большие производственные потери.

Исходя из выше изложенного, мы видим, что основными недостатками разгружающих или заменяющих конструкций является их высокая стоимость, большие трудозатраты, искажение интерьера и уменьшение габаритов помещений.

Увеличение несущей способности усиливаемой конструкции можно производить без или с изменением её расчётной схемы, или напряжённого состояния в период усиления.

Увеличение несущей способности конструкции без изменения расчётной схемы или напряжённого состояния в период усиления производится путём наращивания сечения усиливаемой конструкции. Так как материал наращивания заработает только на нагрузку, которая будет приложена после усиления, то для эффективного использования этого метода усиливаемую конструкцию следует максимально разгрузить, однако это не всегда возможно.

Повышение несущей способности конструкций с изменением их расчётной схемы выполняется путём увеличения степени статической неопределимости: подведением дополнительных упругих или жестких опор, созданием неразрезности изгибаемых элементов на опорах, а также устройством дополнительных пригрузок [3].

Повышение несущей способности конструкции с изменением напряжённого состояния производится с помощью предварительно напряжённых распорок и затяжек.

В ряде случаев возможно использование разгрузки – уменьшения действующих на конструкцию нагрузок.

Увеличение несущей способности конструкции с изменением её расчётной схемы или напряжённого состояния в период усиления в большинстве случаев позволяет производить усиление без разгрузки

усиливаемой конструкции, так как конструкция усиления вводится в работу в период их возведения.

Усиление наращиванием мало изменяет интерьер и габариты помещения, но требует специальных знаний по усилению конструкций. Стоимость усиления наращиванием, как правило, ниже, чем устройство разгружающих или заменяющих конструкций.

Анализ вышеперечисленных способов усиления строительных конструкций выявляет основные достоинства, недостатки и специфику применения каждого способа. Это простота способа, не требующего от строителей специальных знаний, но высокая стоимость, большие затраты времени, искажение интерьера и уменьшение габаритов помещений и ресурсов на обеспечение безопасности производства работ, пространственные ограничения, в случае применения способа *разгружающих и заменяющих конструкций* и недоступность строителям без специальных знаний, но более низкая стоимость и незначительная изменяемость интерьера и габаритов помещения при выборе способа *увеличения несущей способности усиливаемой конструкции*.

В этой статье предлагается рассмотреть наиболее перспективный для интересов Министерства обороны способ *увеличения несущей способности усиливаемой конструкции*, так как достоинства этого способа, а именно - низкая стоимость, существенно сказывается на сокращении затрат реконструкции. Немалую важность представляют и другие достоинства данного способа - незначительная изменяемость интерьера и габаритов помещения, так как к объектам военной инфраструктуры есть требования к габаритам площади, которые не допускают изменений в уменьшении этих габаритов. Решение вопроса недостатка этого способа – *необходимость специальных знаний строителей* – находит Военно-строительный комплекс Министерства обороны России, предназначенный для создания и инженерного обеспечения объектов

военной инфраструктуры, который способен обеспечить необходимым количеством инженерных кадров высокого уровня подготовки.

Литература

1. Бундин Ю. И., Бунин М. А., Мухин А. В., Мухин В. И., Петров В. В. Наука и оборонная инфраструктура // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4526.
2. Шагин А.Л., Бондаренко Ю.В., Гончаренко Д.Ф., Гончаров В.Б. Реконструкция зданий и сооружений. М.: Высш. шк., 1991. 352 с.
3. Гроздов В.Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. СПб. 2005. 114 с.
4. Матвеев Е.П., Мешечек В.В. Технические решения по усилению и теплозащите конструкций жилых и общественных зданий. М.: Старая Басманная, 1998. 209 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. - М.: ФГУ ФЦЦС, 2009. - 120 с.
6. William D. United States Patent 5,894,003. Lockwood April 13, 1999. Method of strengthening an existing reinforced concrete member. Current International Class: E04G 23/02 (20060101). Inventors: Lockwood.
7. Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307.
8. Lawrence C., Lamanna A., Anthony J. United States Patent 6,811,861. Bank, et al. November 2, 2004. Structural reinforcement using composite strips. Current International Class: E04G 23/02 (20060101). Inventors: Bank.
9. Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений. - Москва: Гостехиздат, 2004. - 424 с.

10. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий (Атлас схем и чертежей). Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. 316 с.

References

1. Bundin Ju. I., Bunin M. A., Muhin A. V., Muhin V. I., Petrov V. V., Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4526.

3. Shagin A.L., Bondarenko Yu.V., Goncharenko D.F., Goncharov V.B. Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy [Reconstruction of buildings and constructions]. M. Vyssh. shk., 1991. 352 p.

2. Grozdov V.T. Usilenie stroitel'nykh konstruktsiy pri restavratsii zdaniy i sooruzheniy [Strengthening of building structures in the restoration of buildings and structures]. SPb. 2005. 114 p.

4. Matveev E.P., Meshechek V.V. Tekhnicheskie resheniya po usileniyu i teplozashchite konstruktsiy zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Technical solutions for strengthening and heat shield design of residential and public buildings]. M. Staraya Basmannaya, 1998. 209 p.

5. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii gidrotekhnicheskikh sooruzhenij [Concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures]. M.: FGU FTSTSS, 2009. 120 p.

6. William D. United States Patent 5,894,003. Lockwood April 13, 1999. Method of strengthening an existing reinforced concrete member. Current International Class: E04G 23/02 (20060101). Inventors: Lockwood.

7. Pol'skoy P.P., Mailyan D.R Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307.

8. Lawrence C., Lamanna A., Anthony J. United States Patent 6,811,861. Bank, et al. November 2, 2004. Structural reinforcement using composite strips. Current International Class: E04G 23/02 (20060101). Inventors: Bank.



9. Puhonto L. M. Dolgovechnost' zhelezobetonnyh konstrukcij inzhenernyh sooruzhenij. [Durability of reinforced concrete structures of engineering structures]. Moscow: Gostekhizdat, 2004. 424 p.
10. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Polishchuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstruktsiy avariynykh i rekonstruiemykh zdaniy (Atlas skhem i chertezhey) [Restoration and strengthening of building structures damaged and reconstructed buildings (Atlas diagrams and drawings)]. Tomsk: Tomskiy mezhotraslevoy TsNTI, 1990. 316 p.