

# РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Випуск 22



1. Kaminska M. Badania zelbetowych belek z tasmami CFRP przyklejnymi na ich powierzchniach / R. Kotynia // XVI konferencja naukowo-techniczna "Beton i prefabrykacja". -Tom .2. -Jadwisin. -1998. -S. 479-484. 2. Кваша В. Г. Експериментальне дослідження залізобетонної мостової балки за ТП вип. 56, підсиленої композитною стрічкою з вуглецевих волокон CFRP / І. В. Мельник, М. Д. Климпуш // 36. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Вип.62. - К., 2001. - с. 267-271. 3. Kybicki J. Badania doświadczalne zarysowanych belek żelbetowych z naklejonymi taśmami kompozytowymi z włókien węglowych / J. Kybicki // Prace instytutu techniki – kwartalnik №4 (124) 2002. –S. 43-59. 4. Мельник І.В. Міцність і деформативність залізобетонних балок підсилені конструкційними композитами при різних умовах попереднього завантаження / Р.З. Добрянський, А.Я. Мурин // 36. наук. праць "Будівельні конструкції", вип. 56., Київ, 2005, -с.121-129.4.

**УДК 624.01**

**Опанасюк И.Л., к.т.н., доцент, Данилов С.В., ст. преп. (ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»), г. Могилев, Республика Беларусь)**

### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН**

**На основе многокритериального анализа выполнено обоснование рациональных технологических и конструктивных решений по восстановлению эксплуатационных качеств железобетонных колонн.**

**On the basis of multi-criteria analysis fulfilled rational justification of technological and design solutions to restore the performance of a reinforced concrete columns.**

**Введение.** Нормальный срок эксплуатации колонн составляет 70–100 лет [1]. Наряду с этим, в производственных условиях существует ряд объективных и субъективных производственных факторов, снижающих несущую способность железобетонных колонн и срок их эксплуатации.

Технические решения по восстановлению эксплуатационных качеств зависят от характера повреждений и категории технического состояния железобетонных конструкций. В соответствии с действующими нормами [2], техническое состояние строительных конструкций характеризуется V-ю категориями технического состояния.

Для I и II категории технического состояния железобетонных колонн требуется техническое обслуживание и текущий ремонт. Для устранения дефектов III категории технического состояния требуется ремонт с частичной разборкой бетона, исправление поврежденной арматуры, перебетонирование сколов и выбоин, а зачастую усиление элементов конструкций. Для IV категории технического состояния требуется усиление с увеличением поперечного сечения.

При повреждении поперечного сечения свыше 61% (V категория технического состояния) железобетонные колонны относятся в общем случае к разрушенным.

Наиболее технически сложным является восстановление эксплуатационных качеств железобетонных колонн при IV-й категории их технического состояния (нероботоспособное неудовлетворительное состояние), которое характеризуется многочисленными значительными дефектами и физическим износом 41-60%.

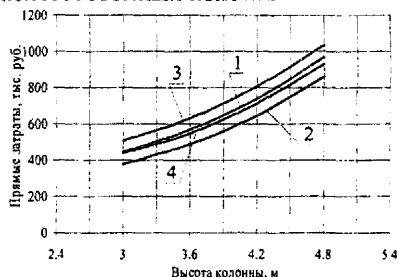
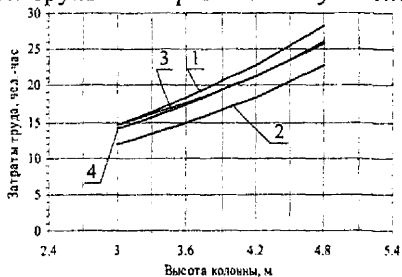
**Основная часть.** Для восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн при IV-й категории технического состояния существует большой арсенал способов, среди которых наибольшее распространение получили следующие: железобетонные обоймы; одностороннее и двухстороннее наращивание сечения; металлические обоймы; металлические обоймы с обетонированием, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Способы восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн			
№ пп	Способ восстановления и усиления	Элементы усиления	
		№ поз.	Общие сведения
1	<p>Усиление колонны железобетонной обоймой</p> 	1 2 3	<p>Железобетонная обойма, толщиной 100 мм</p> <p>Продольная рабочая арматура обоймы S400 Ø18 мм</p> <p>Поперечная арматура обоймы S240 Ø8 мм</p>
2	<p>Усиление колонны двухсторонним наращиванием</p> 	1 2 3 4	<p>Продольная рабочая арматура рубашки S400 Ø18 мм</p> <p>Существующая арматура колонны</p> <p>Соединительные коротышки из арматуры S240 Ø8 мм</p> <p>Двухстороннее бетонное наращивание, толщиной 100 мм</p>

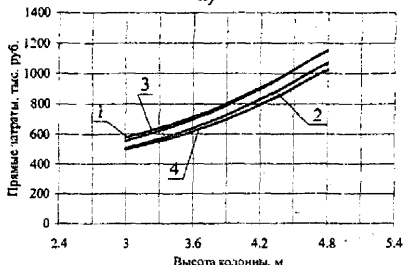
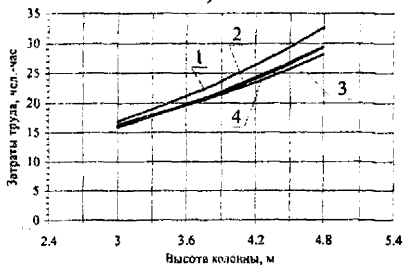
3	<p>Усиление колонны металлической обоймой</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Продольные уголки обоймы <math>L 75 \times 75 \times 6</math>, установленные на растворе</li> <li>2 Предварительно напряженные поперечные планки (приварка после нагрева до температуры <math>100 - 120^\circ C</math>), шаг <math>600 \text{ мм}</math></li> <li>3 Опорный уголок <math>L 75 \times 75 \times 6</math></li> </ol>
3	<p>Усиление колонны металлической обоймой с обетонированием</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Продольные уголки металлической обоймы <math>L 75 \times 75 \times 6</math></li> <li>2 Бетонная обойма, толщиной <math>60 \text{ мм}</math></li> <li>3 Опорный уголок <math>L 75 \times 75 \times 6</math></li> <li>4 Поперечные планки металлической обоймы</li> </ol>

Для обоснования рационального выбора технологических и конструктивных решений по восстановлению эксплуатационных качеств железобетонных колонн, приведенных в таблице 1, нами определены затраты труда (рис. 1) и прямые затраты в ценах 2006 г. (рис. 2), которые дают достаточно полную оценку рассматриваемых организационно-технологических и конструктивных решений по усилению железобетонных колонн.



а)

а)



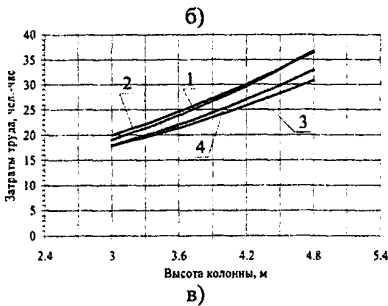


Рис. 1. Зависимость затрат труда на восстановление ж/б колонн от геометрических размеров колонны: а — колонн сечением 300×300 мм; б — колонн сечением 400×400 мм; в — колонн сечением 500×500 мм; 1 — железобетонная обойма; 2 — одностороннее наращивание; 3 — металлическая обойма; 4 — металлическая обойма с обетонированием

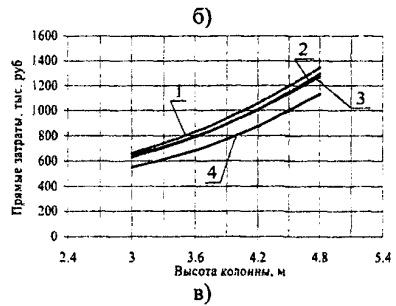


Рис. 2. Зависимость прямых затрат на восстановление ж/б колонн от геометрических размеров колонны: а — колонн сечением 300×300 мм; б — колонн сечением 400×400 мм; в — колонн сечением 500×500 мм; 1 — железобетонная обойма; 2 — одностороннее наращивание; 3 — металлическая обойма; 4 — металлическая обойма с обетонированием

Из приведенных графиков (рис. 1, 2) видно, что установленные технико-экономические показатели имеют тенденцию роста с увеличением геометрических размеров колонн, кроме того, каждый способ усиления характеризуется различными затратами труда и стоимостью выполнения работ.

Из рассматриваемых способов наиболее технически сложными в исполнении являются усиления колонн металлической обоймой, железобетонной обоймой и способ двухстороннего наращивания. Усиление металлической обоймой с обетонированием является наиболее применимым способом с точки зрения простоты исполнения и надежности в процессе эксплуатации.

При восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн сечением 300×300 мм наименее трудоёмким является способ двухстороннего наращивания сечения (рис. 1, а), затраты труда которого в среднем составляют 16,9 чел.-ч., что на 16, 18 и 25 % меньше, чем при восстановлении соответственно металлической обоймой с обетонированием, металлической обоймой и железобетонной обоймой. Так же способ двухстороннего наращивания сечения является наиболее экономичным (рис. 2, а), прямые затраты которого в среднем составляют 593,5 тыс. руб., что на 10, 15 и 26 % меньше, чем при восстановлении соответственно металлической обоймой с обетонированием, железобетонной обоймой и металлической обоймой.

При восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн сечением 400×400 мм наименее трудоёмким является устройство металлической обоймы (рис. 1, б), затраты труда которой в среднем

составляют 21,9 чел.-ч., что на 2, 3 и 11 % меньше, чем при восстановлении соответственно металлической обоймой с обетонированием, двухсторонним наращиванием и железобетонной обоймой. Однако наиболее экономичным является устройство металлической обоймы с обетонированием (рис. 2, б), прямые затраты которой в среднем составляют 734,5 тыс. руб., что на 4, 12 и 14 % меньше, чем при восстановлении соответственно двухсторонним наращиванием, железобетонной обоймой и металлической обоймой.

При восстановлении эксплуатационных качеств железобетонных колонн сечением 500×500 мм наименее трудоёмким является устройство металлической обоймы (рис. 1, в), затраты труда которой в среднем составляют 24,1 чел.-ч., что на 4, 14 и 16 % меньше, чем при восстановлении соответственно металлической обоймой с обетонированием, железобетонной обоймой и двухсторонним наращиванием. В свою очередь, наиболее экономичным является устройство металлической обоймы с обетонированием (рис. 2, в), прямые затраты которой в среднем составляют 810,6 тыс. руб., что на 15, 16 и 20 % меньше, чем при восстановлении соответственно двухсторонним наращиванием, металлической обоймой и железобетонной обоймой.

Как видно из выше приведенного анализа, достаточно сложно дать предпочтение одному из рассматриваемых вариантов восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн, так как показатели эффективности имеют разные размерности и трудно сопоставимы по конструктивным соображениям.

Важнейшим принципом оценки проектных решений являются комплексный подход к анализу оценочных показателей и системный подход к выбору рациональных решений. Комплексный подход предполагает учет в процессе оценки всей совокупности оценочных показателей, значимо влияющих на эффективность принимаемых решений. Системный подход к выбору рациональных решений дает возможность на всех стадиях ремонтно-восстановительных работ принимать решения, наиболее полно соответствующие целям, стоящим перед создаваемыми системами (в рассматриваемом случае – железобетонные колонны, подвергающихся восстановлению эксплуатационных качеств).

Для выбора рациональных решений необходимо создание системы вариантов организационно-технологических и конструктивных решений восстановления железобетонных колонн, каждый из которых характеризуется конечным множеством оценочных показателей, достаточно полно описывающих свойства сравниваемых вариантов. Выбор наилучшего варианта может осуществляться двумя методами [3]:

- с учетом значений всех оценочных показателей, характеризующих сравниваемые варианты восстановления колонн;
- по специальному признаку -- критерию, сформированного на основе совокупности значений оценочных показателей.

Наиболее объективным является метод выбора наилучшего варианта с учетом значений конечного множества оценочных показателей, характеризующих сравниваемые варианты [3].

Методы технико-экономического обоснования в области нового строительства и реконструкции зданий и сооружений предполагают сравнительную оценку эффективности базовых и новых решений по таким критериям оценки как приведенные затраты и минимум народнохозяйственных потерь. Как правило, эти показатели применяют для оценки работы строительных организаций и эффективности реконструкции зданий и сооружений с остановкой производства.

Для оценки технических решений на стадии организационно-технологического проектирования используют отдельные оценочные показатели, а именно: прямые затраты состоящие из затрат на материалы, затраты на эксплуатацию машин и механизмов и заработной платы рабочих; трудоемкость и продолжительность выполнения работ.

Анализ полученных результатов (рис. 1, 2) показывает, что при незначительном разбросе отдельных оценочных показателей по прямым затратам и трудоемкости выполнения работ они не сопоставимы по присущей им разноразмерности. Также в одном случае прямые затраты приоритетны для одного варианта усиления, а затраты труда более оптимальны для другого варианта.

Эти особенности затрудняют выбор базового варианта для сравнительной оценки возможных технологических и конструктивных решений, а также наиболее рационального варианта производства работ.

В связи с этим, нами предлагается научно-обоснованная модель выбора рациональных организационно-технологических решений восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн на базе разноразмерных оценочных показателей с использованием методики выбора подмножества недоминируемых вариантов [3], которая позволяет реализовать ее в практике многовариантного технологического проектирования.

Данная методика реализовывается в несколько этапов: составление на основе установленных оценочных показателей исходной матрицы; составление нормализованной матрицы; определение матриц согласия и несогласия; определение доминирующих матриц согласия и несогласия; определение агрегированной матрицы (матрицы принятия решения).

Эта методика была применена при определении рационального варианта технологического и конструктивного решения восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн с IV категорией технического состояния на ПРУП «Кричевцементношифер». Оценка вариантов осуществлялась по пяти основным показателям эффективности: трудозатратам на подготовительные работы; трудозатратам на восстановление эксплуатационных качеств железобетонных колонн; заработной плате

