

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 69.059

И. Л. Опанасюк, С. В. Данилов

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ОАО «КРИЧЕВЦЕМЕНТНОШИФЕР»**

UDC 69.059

I. L. Apanasiuk, S. V. Danilov

**RESTORING PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS
AT JSC KRICHEVTSEMENTNOSHIFER**

Аннотация

Выполнена оценка и обоснованы категории технического состояния железобетонных колонн подготовительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер». Предложены и реализованы на практике рациональные технические и организационно-технологические решения, обеспечивающие восстановление эксплуатационных качеств железобетонных колонн с минимальными трудовыми и материальными затратами.

Ключевые слова:

железобетонная колонна, дефект, категория технического состояния, технические и организационно-технологические решения, восстановление эксплуатационных качеств.

Abstract

The categories of technical state of reinforced concrete columns in the stock-preparation department of the Asbestos Cement Products shop at JSC Krichevtsementnoshifer have been evaluated and justified. The rational technical and organizational technological solutions have been proposed and put into practice, which ensure the restoration of operational performance of reinforced concrete columns with minimum labor and material expenses.

Keywords:

reinforced concrete column, defect, category of technical state, technical and organizational technological solutions, restoration of performance.

Введение

Оценка технического состояния строительных конструкций подготовительного отделения цеха АЦИ выполнялась сотрудниками кафедры «Промышленное и гражданское строительство» на основании хозяйственного догово-

ра № 0129 от 5 марта 2001 г. между Могилевским государственным техническим университетом и ОАО «Кричевцементношифер». На момент обследования проектно-сметная и исполнительная документация по объекту в полном объеме отсутствовала. Согласно имеющимся чертежам проектирование было



выполнено институтом «Гипроцемент» в 1948–1949 гг., а строительство осуществлялось в 1949–1951 гг.

Подготовительное отделение цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер»

было выполнено в виде каркасного трехэтажного здания высотой 20 м с размерами в плане 18 × 36 м и сеткой колонн 6 × 6 м (рис. 1).



Рис. 1. Здание подготовительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер»

Оценка технического состояния строительных конструкций производилась в осях А–В / 36–39 (рис. 2).

Обследуемое здание было выполнено из монолитного железобетона и представляло собой рамную конструкцию, где продольные рамы состояли из колонн сечениями 600 × 600 мм (1 и 2 этажи) и 500 × 500 мм (3 этаж) и главных балок высотой до 1000 мм. Высота балок второстепенных составляла от 500 до 1000 мм в зависимости от технологических нагрузок на перекрытия. По главным и второстепенным балкам выполнены монолитные железобетонные перекрытия и покрытие толщиной 100 мм. Наружные стены кирпичные толщиной 510 мм. Пространственная устойчивость каркаса здания в поперечном направлении обеспечивается монолитными железобетонными рамами, а в продольном – монолитными второстепенными балками с жесткими

стыками и жесткостью монолитных дисков перекрытий и покрытий.

Основная часть

Оценка технического состояния железобетонных колонн подготовительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер» выполнялась на основании результатов предварительного осмотра здания, общего (по внешним признакам) и детального (инструментального) обследования [1].

Обследуемые железобетонные конструкции в результате особенностей технологии производства асбестоцементных изделий постоянно эксплуатировались в агрессивной для арматуры и бетона воздушной среде, что явилось причиной значительного физического износа колонн и перекрытий.

В ходе оценки технического состояния в железобетонных колоннах



были обнаружены следующие дефекты (повреждения): шелушение граней и отслоение лещадок бетона; разрушение бетона защитного слоя продольной и поперечной арматуры с ее оголением; уменьшение сечения колонны от 30 до 50 % в результате многочисленных

сколов и выбоин бетона; коррозия арматуры и бетона; трещины на поверхности колонны вдоль продольной и поперечной арматуры (ширина раскрытия трещин до 1 мм) с нарушением ее сцепления с бетоном (табл. 1).

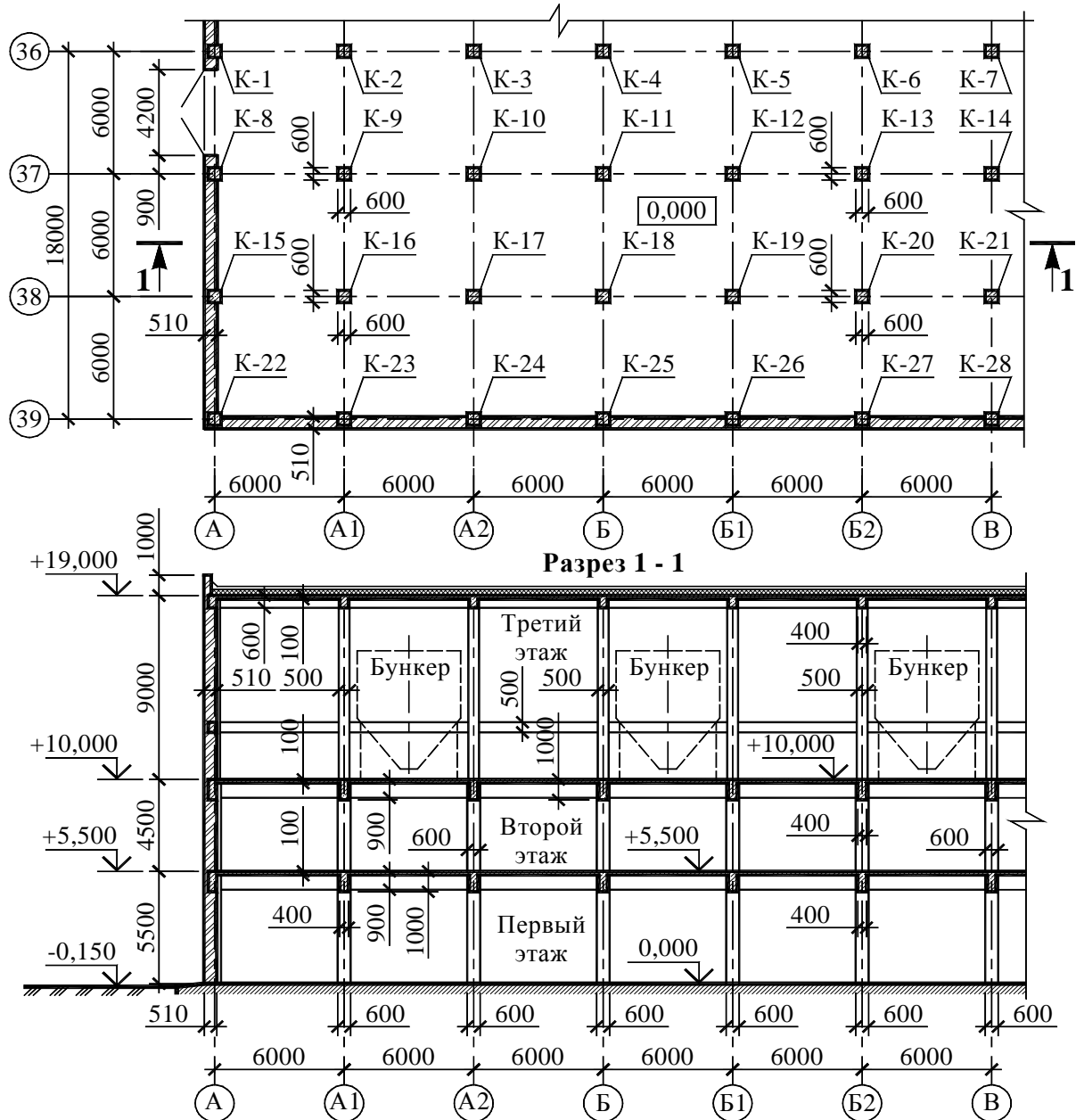








Рис. 2. План подготовительного отделения на отм. 0,000 и разрез 1–1



Табл. 1. Категории технического состояния железобетонных колонн

Номер колонны (см. рис. 2)	Схема дефекта (повреждения)	Степень распространения и класс установленных дефектов (повреждений)	Категория технического состояния
1	2	3	4
Железобетонные колонны сечением 600 × 600 мм первого этажа на отм. 0,000			
К-1, К-8, К-9 – К-14		<i>Единичные или многочисленные малозначительные дефекты:</i> шелушение поверхности и граней бетона отслоение лещадок бетона раковины, выбоины и сколы бетона до 5 % поперечного сечения колонны усадочные и незначительные трещины (ширина раскрытия трещин до 0,3 мм)	II
К-2 – К-7		<i>Многочисленные значительные и критические дефекты:</i> оголение и коррозия продольной и поперечной арматуры с разрушением ее защитного слоя трещины на поверхности колонны вдоль продольной и поперечной арматуры (ширина раскрытия трещин до 1 мм) с нарушением ее сцепления с бетоном глубокие выбоины и механические повреждения бетона с уменьшением поперечного сечения железобетонной колонны от 30 до 50 %	IV
Железобетонные колонны сечением 600 × 600 мм второго этажа на отм. +5,500			
К-1, К-8, К-15, К-22 – К-28		<i>Единичные или многочисленные малозначительные дефекты:</i> шелушение поверхности и граней бетона отслоение лещадок бетона раковины, выбоины и сколы бетона до 5 % поперечного сечения колонны усадочные и незначительные трещины (ширина раскрытия трещин до 0,3 мм)	II

Окончание табл. 1

1	2	3	4
К-2 – К-7		<i>Многочисленные значительные и критические дефекты:</i> оголение и коррозия продольной и поперечной арматуры с разрушением ее защитного слоя трещины на поверхности колонны вдоль продольной и поперечной арматуры (ширина раскрытия трещин до 1 мм) с нарушением ее сцепления с бетоном глубокие выбоины и механические повреждения бетона с уменьшением поперечного сечения железобетонной колонны от 30 до 50 %	IV
К-9 – К-14, К-16 – К-21		<i>Многочисленные малозначительные и единичные значительные дефекты:</i> отслоение лещадок бетона механические повреждения и сколы бетона до 30 % всего сечения колонны оголение продольной арматуры и очаговая коррозия на поверхности арматуры с уменьшением ее сечения до 5 % трещины в местах опирания главных балок перекрытия (ширина раскрытия трещин до 0,5 мм)	III
Железобетонные колонны сечением 500 × 500 мм второго этажа на отм. +10,000			
К-1 – К-28		<i>Единичные или многочисленные малозначительные дефекты:</i> шелушение поверхности и граней бетона отслоение лещадок бетона раковины, выбоины и сколы бетона до 5 % поперечного сечения колонны усадочные и незначительные трещины (ширина раскрытия трещин до 0,3 мм)	II

На основании современных ТНПА [1, 2] вышеуказанные дефекты (см. табл. 1) устраняют:

– путем восстановления защитного слоя бетона в процессе текущего обслуживания и ремонта колонн (колонны первого этажа (К-1, К-8 и К-15 – К-28), второго этажа (К-1, К-8, К-15 и К-22 – К-28) и третьего этажа (К-1 – К-28), относящиеся ко II категории технического

состояния (работоспособное, удовлетворительное состояние));

– посредством увеличения сечения и усиления поврежденных участков колонн (колонны второго этажа (К-9 – К-14 и К-16 – К-21), относящиеся к III категории технического состояния (ограниченно работоспособное, не вполне удовлетворительное состояние));

– восстановлением и усилением



поперечного сечения на всю длину колонн (колонны первого этажа (К-2 – К-7 и К-9 – К-14), второго этажа (К-2 – К-7), относящиеся к IV категории технического состояния (неработоспособное, неудовлетворительное состояние)).

В результате многовариантного проектирования с использованием метода множества недоминируемых вариантов [3] были предложены следующие технические и организационно-технологические решения по восстановлению обследуемых железобетонных колонн, относящихся к III и IV категориям технического состояния (рис. 3):

– усиление железобетонных колонн второго этажа (К-16 – К-21, отно-

сящихся к III категории технического состояния) посредством местного устройства стальной обоймы с обетонированием на высоту 1800 мм (рис. 3, а);

– усиление железобетонных колонн второго этажа (К-9 – К-14, относящиеся к III категории технического состояния) путем устройства стальной обоймы на всю высоту колонны (рис. 3, б);

– усиление железобетонных колонн первого этажа (К-2 – К-7 и К-9 – К-14) и второго этажа (К-2 – К-7, относящихся к IV категории технического состояния) посредством устройства стальной обоймы с обетонированием на всю высоту колонны (рис. 3, в).

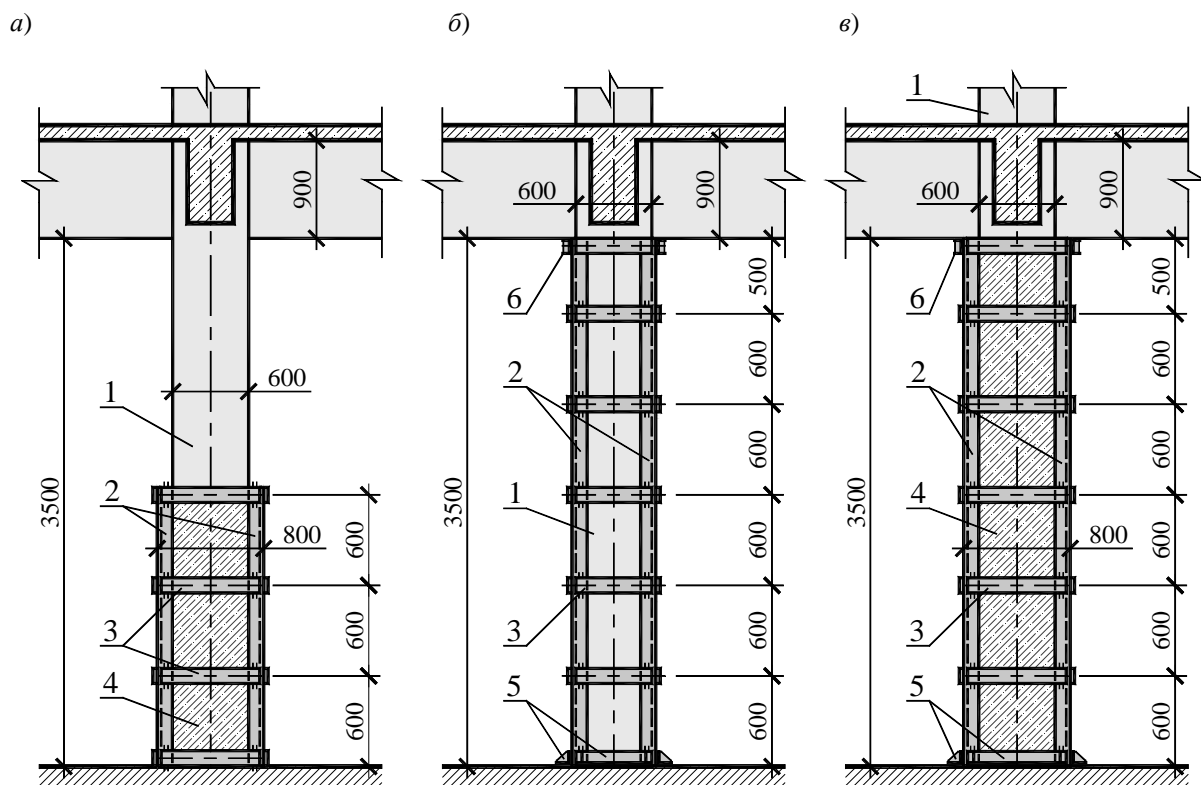


Рис. 3. Технические решения по восстановлению и усилению железобетонных колонн: а – местное усиление железобетонной колонны стальной обоймой с обетонированием; б – усиление железобетонной колонны стальной обоймой; в – усиление железобетонной колонны стальной обоймой с обетонированием; 1 – усиливаемая колонна; 2 – продольные уголки стальной обоймы; 3 – поперечные планки стальной обоймы; 4 – бетонная обойма; 5 – опорный уголок башмака; 6 – швеллер

Реализация технических и организационно-технологических решений по восстановлению эксплуатационных качеств железобетонных колонн подго-

товительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер» включала подготовительные, основные (подготовку поверхности усиливаемых колонн,



установку элементов стальных обойм усиления, монтаж и демонтаж опалубки, бетонные работы) и *заключительные работы*.

Подготовительные работы содержали: установку и сдачу в эксплуатацию подъемных механизмов, подключение необходимого оборудования к существующей электросети; подведение сжатого воздуха и воды к рабочему месту; разборку трубопроводов и демонтаж технологического оборудования; снятие нагрузки с усиливаемых железобетонных колонн на 35...40 %; установку и закрепление средств подмащивания.

Разгрузка усиливаемых железобетонных колонн первого и второго этажей осуществлялась посредством опорожнения 60-тонных ёмкостей на третьем этаже (см. рис. 2) от сырьевых ком-

понентов, используемых для изготовления асбестоцементных изделий.

Подготовка поверхности усиливаемых железобетонных колонн производилась с учетом следующей последовательности технологических операций: *удаление слабопрочного бетона; обработка арматуры; обеспыливание и увлажнение поверхности бетона*.

Для подготовки поверхности бетона и очистки арматуры усиливаемых железобетонных колонн использовался гидромонитор KARCHER, что позволило повысить механизацию выполняемых работ и их качество (рис. 4). С поверхности усиливаемых колонн производилось удаление слабопрочного бетона, продуктов коррозии, пыли, грязи, следов краски и др. [4].

а)



б)



Рис. 4. Подготовка поверхности бетона и очистка арматуры гидромонитором KARCHER: а – гидромонитор KARCHER; б – подготовка поверхности бетона и очистка арматуры

Для лучшего сцепления «нового» и «старого» бетона поверхности усиливаемых железобетонных колонн с помощью перфоратора с зубчатой лопат-

кой придавалась шероховатость. Шероховатость формировалась на поверхности бетона колонны повторяющимися разнонаправленными бороздами глуби-



ной до 5 мм с шагом 100...150 мм. Подготовленные бетонные поверхности усиливаемых железобетонных колонн соответствовали физико-механическим требованиям [4]: прочность бетона при отрыве – не менее 1,5 МПа; влажность – не менее 95 %; содержание хлоридов не допускается. Подготовленные поверхности усиливаемых колонн принимались по акту на скрытые работы.

Стальные обоймы без обетонирования (см. рис. 3, б) устраивались для усиления железобетонных колонн второго этажа. После монтажа и временной фиксации вертикальных и опорных уголков стальной обоймы закреплялись поперечные планки. Предварительное напряжение поперечных планок осуществлялось термическим способом. Для этого планки приваривались одним торцом к вертикальному уголку стальной обоймы с шагом 600 мм, затем нагревались газовой горелкой до 100...120 °С и в горячем состоянии приваривался второй торец планок. Установка поперечных планок осуществлялась последовательно от среднего по длине колонны пояса. После остывания стальные планки укорачивались и создавали эффект преднапряжения [5].

Продольные уголки стальной обоймы усиления включались в совместную работу с усиливаемыми железобетонными колоннами механическим способом с помощью винтовых домкратов [6]. Для этого домкраты были смонтированы на временные опорные столики, закрепленные с помощью стяжных болтов к продольным уголкам обоймы. Указанные домкраты упирались в выше-расположенные железобетонные балки перекрытия через упорные швеллера и неопределенные прокладки. После достижения расчетного значения предварительного напряжения (40...70 МПа) упорные швеллера приваривались к продольным уголкам стальной обоймы, фиксируя их в сжатом состоянии. Разность напряжений в параллельных стой-

ках не превышала 10 %.

Стальные обоймы с обетонированием (см. рис. 3, а, в) применялись как для усиления, так и для восстановления железобетонных колонн первого и второго этажей подготовительного отделения. Заготовку и установку элементов стальных обойм с обетонированием выполняли в соответствии с техническими решениями на усиление аналогично работам по усилению железобетонных колонн стальными обоймами без обетонирования. При этом предварительное напряжение поперечных планок не производилось, а предварительное напряжение продольных стоек выполняли механическим способом с помощью винтовых домкратов до укладки бетонной смеси (рис. 5).

При выборе типа опалубки для восстановления и усиления железобетонных колонн предпочтение отдавалось опалубочным системам заводского изготовления, обеспечивающим многократную оборачиваемость и качество бетонной поверхности [4]. Технология *опалубочных работ* учитывала заданные сроки и темп ремонтно-восстановительных работ при минимальном количестве опалубочных комплектов.

Для восстановления и усиления железобетонных колонн стальной обоймой с обетонированием использовалась инвентарная мелкощитовая опалубка из щитов МОДОСТР-КОМБИ, а в труднодоступных и стесненных местах – инвентарная разборно-переставная мелкощитовая опалубка (рис. 6).

При применении инвентарной опалубочной системы МОДОСТР-КОМБИ (рис. 6, а) щиты опалубки объединялись угловыми элементами и замками в неразъемные блоки [4]. Монтаж элементов опалубки происходил с использованием средств малой механизации (подъемники, лебедки), в труднодоступных и стесненных местах – вручную.

Для усиления единичных железобетонных колонн в труднодоступных и стесненных местах использовалась



неинвентарная разборно-переставная мелкощитовая опалубка, состоящая из деревянных щитов (доска 150 × 30 мм) и деревянных схваток (брус 80 × 50,

шаг 600 мм) (рис. 6, б). Ее установку выполняли вручную с перекрытий, а при высоте более 1,3 м – с инвентарных подмостей и лесов.

а)

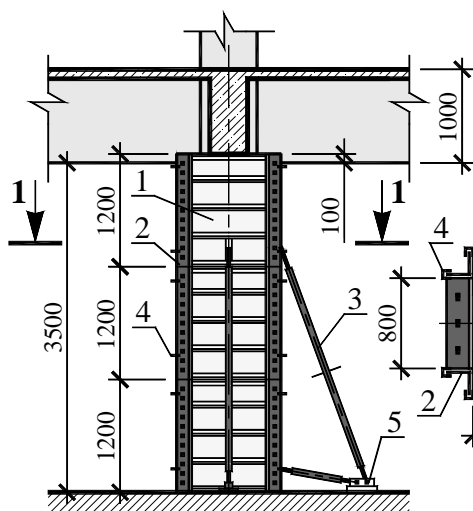


б)



Рис. 5. Усиление железобетонной колонны стальной обоймой с обетонированием: а – верхняя часть стальной обоймы усиления; б – нижняя часть стальной обоймы усиления

а)



б)

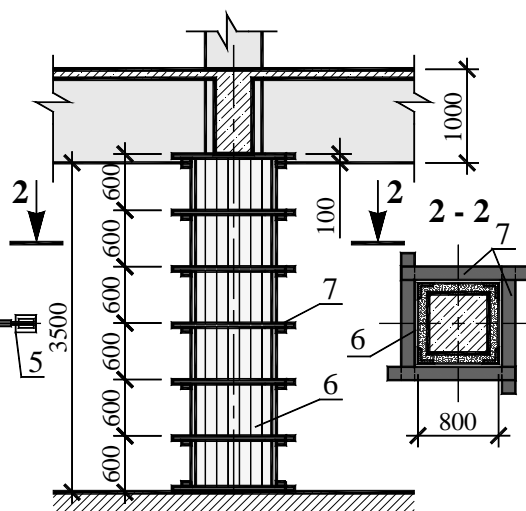


Рис. 6. Применяемая опалубка для усиления железобетонных колонн стальной обоймой с обетонированием: а – инвентарная мелкощитовая опалубка МОДОСТР-КОМБИ; б – неинвентарная разборно-переставная мелкощитовая опалубка; 1 – базовый щит (высота 1200 мм, ширина 800 мм); 2 – наружный угол; 3 – регулируемый подкос; 4 – замок; 5 – подпятник; 6 – деревянные щиты опалубки (доска 150 × 30 мм); 7 – деревянные схватки (брус 80 × 50 мм)



Монтаж элементов опалубки осуществляли ярусами высотой 1200 мм по мере укладки и уплотнения бетонной смеси. Крепление щитов опалубки к элементам стальной обоймы усиления колонны производили при помощи хомутов, схваток и клиньев. Демонтаж опалубки осуществлялся после достижения бетоном усиления прочности не менее 50 % от проектной.

Бетонные работы являлись заключительными из проводимого комплекса мероприятий по восстановлению и усилению железобетонных колонн

стальной обоймой с обетонированием. Для обетонирования колонн применялся бетон класса С20/25. Технология производства бетонных работ включала *приготовление, транспортировку, подачу, укладку и уход за бетоном* [6].

Сопряжение усиливаемых железобетонных колонн с балочными железобетонными перекрытиями позволило подавать и укладывать бетонную смесь в конструкцию усиления непосредственно через проемы в верхней части опалубки, а в труднодоступных местах – торкретированием (рис. 7).

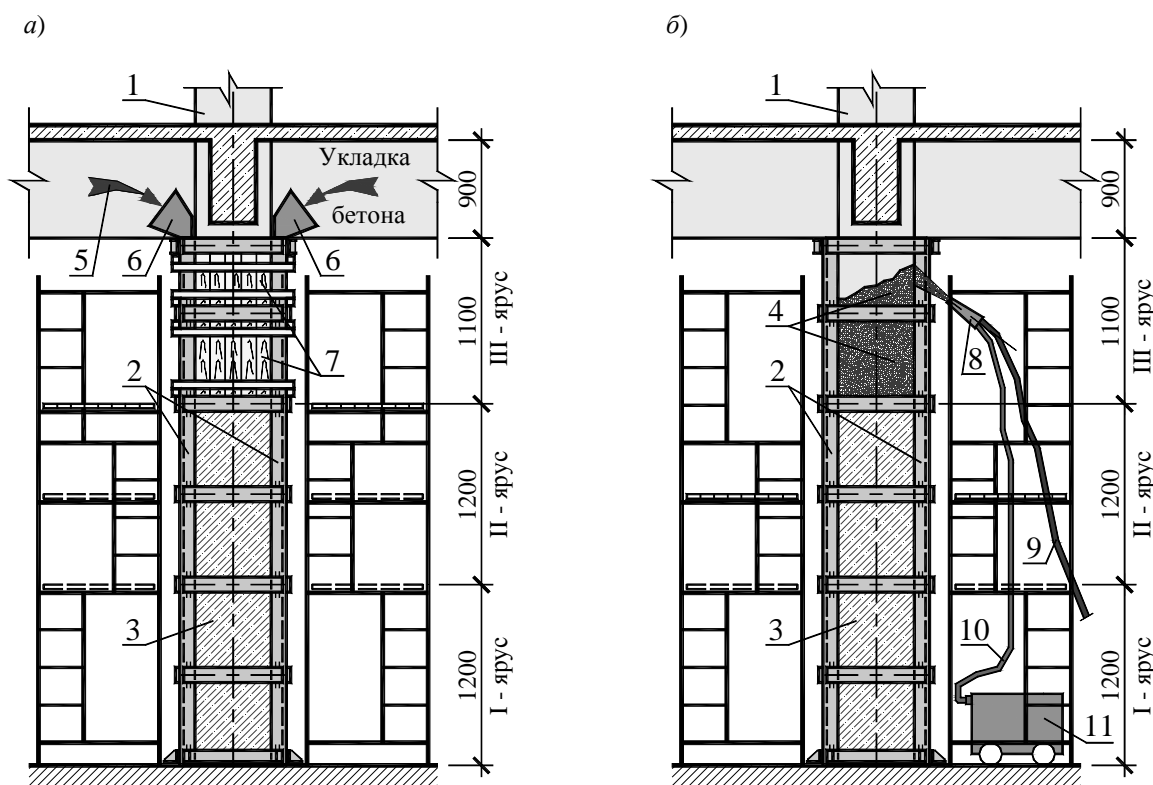


Рис. 7. Применяемые способы подачи и укладки при усилении железобетонных колонн стальной обоймой с обетонированием: а – подача и укладка бетонной смеси через проемы в верхней части опалубки; б – бетонирование конструкции усиления торкретированием; 1 – усиливаемая колонна; 2 – стальная обойма усиления; 3 – бетонная обойма; 4 – торкрет-бетон; 5 – бетонная смесь; 6 – распределительная воронка; 7 – опалубка; 8 – сопло; 9 – материальный шланг; 10 – шланг для воды; 11 – компрессор

При подаче и укладке бетонной смеси через проемы опалубки фронт бетонных работ по высоте разбивался на три яруса. Высота первого и второго ярусов составляла 1200 мм, а третьего – 1100 мм (рис. 7, а). Уплот-

нение бетонной смеси осуществлялось глубинным вибратором с гибким валом. Толщина укладываемых слоев не превышала 500 мм. Торкретирование производилось в два слоя толщиной по 50 мм каждый. Второй слой нано-

сился после отвердевания первого. Торкретирование усиливаемой колонны выполнялось снизу вверх (рис. 7, б). На лицевой поверхности торкретбетона не допускалось наличия высолов, трещин, следов выхода арматуры и механических повреждений.

После завершения бетонных работ выполнялся уход за твердеющим бетоном путем периодического его увлаж-

нения. Для ускорения набора прочности бетоном и сокращения ремонтно-восстановительных работ был дополнительно организован электропрогрев [4].

Виды на восстановленные и усиленные железобетонные колонны подготовительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер» представлены на рис. 8.

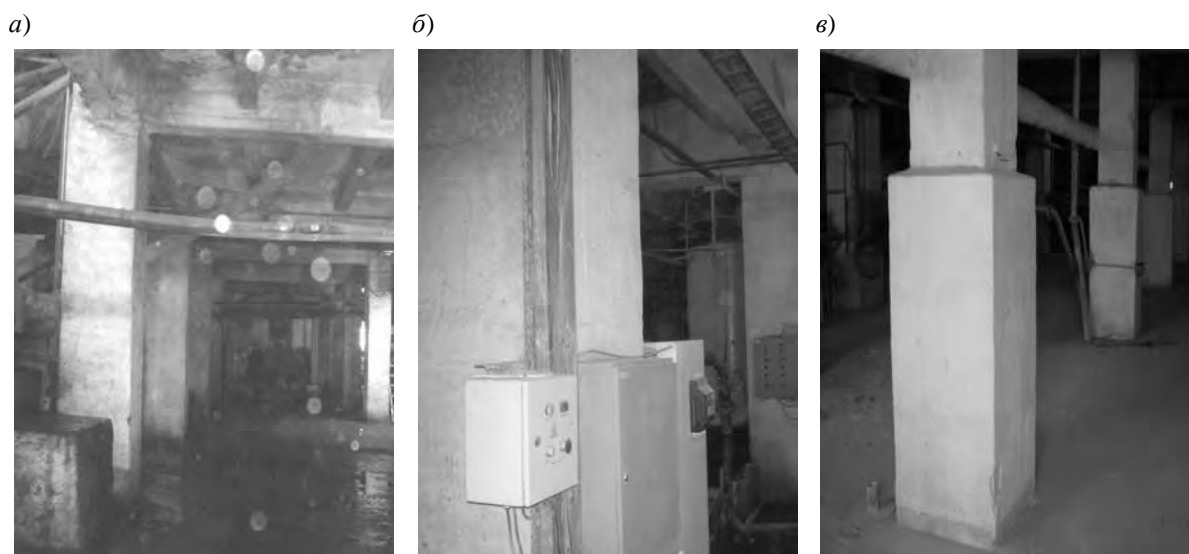


Рис. 8. Вид на восстановленные и усиленные железобетонные колонны подготовительного отделения цеха АЦИ ОАО «Кричевцементношифер»: а – усиленные железобетонные колонны 1-го этажа; б – усиленные железобетонные колонны 2-го этажа; в – местное усиление железобетонных колонн 2-го этажа

Заключение

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации производства ремонтно-восстановительных работ, содержащие технические и организационно-технологические решения по восстановлению и усилению, схемы производства опалубочных и бетонных работ, а также устройства стальных обойм для усиления железобетонных колонн, внедрение которых в производственных условиях на АЦИ ОАО «Кричевцемент-

ношифер» позволило получить годовой экономический эффект 4,0 млн белорус. р. в ценах 2001 г. (стоимость на текущий момент 7030 белорус. р.).

Безаварийная эксплуатация подготовительного отделения цеха АЦИ в течение последних 17 лет подтвердила на практике эффективную работоспособность и долговечность способа усиления стальной обоймой с обетонированием для железобетонных колонн при многочисленных значительных и критических дефектах.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП 45-1.04-305–2016. Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные требования / МАиС РБ. – Минск, 2016. – 107 с.
2. ТКП 45-1.04-37–2008*. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Порядок проведения / МАиС РБ. – Минск, 2014. – 39 с.
3. Завадскас, Э.-К. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства / Э.-К.К. Завадскас. – Ленинград: Стройиздат, 1991. – 254 с.
4. ТКП 45-1.03-314–2018. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. Основные требования / МАиС РБ. – Минск, 2018. – 123 с.
5. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. – Москва: Стройиздат, 1991. – 184 с.
6. Опанасюк, И. Л. Организационно-технологические правила восстановления эксплуатационных качеств железобетонных колонн : практические рекомендации / И. Л. Опанасюк, С. В. Данилов. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2013. – 75 с.

Статья сдана в редакцию 7 марта 2019 года

Иван Лукьянович Опанасюк, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
Тел.: 8-029-542-96-82.

Сергей Васильевич Данилов, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
Тел.: 8-029-745-95-97.

Ivan Lukyanovich Apanasiuk, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
Phone: 8-029-542-96-82.

Sergey Vasilyevich Danilov, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: 8-029-745-95-97.

