

## СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ УСИЛЕНИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Беспяев А.А. <sup>(1)</sup>, Куралов У.С. <sup>(1)</sup>, Алтигенов У.Б. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> АО «КазНИИСА», г. Алматы, Казахстан

*Аннотация.* Предлагается способ предварительного напряжения фиброармированных пластиков при поверхностном методе восстановления эксплуатационной пригодности изгибаемых железобетонных конструкций. Усиление производится после создания состояния в монолитных конструкциях, возникающего при отсутствии прогибов конструкций. Приводятся примеры восстановления эксплуатационной пригодности перекрытий различных зданий.

## METHOD FOR PRE-STRESSING OF THE FIBER REINFORCED PLASTICS UNDER SURFACE STRENGTHENING FOR RESTORATION OF SERVICEABILITY OF THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

A.A. Bespaev <sup>(1)</sup>, U.S. Kuralov <sup>(1)</sup>, U.B. Altigenov <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> JSC “KazNIISA”, Almaty city, Kazakhstan

*Abstract.* The method for pre-stressing of the fiber reinforced plastics with a surface method for restoring the serviceability of flexible concrete structures is proposed. Strengthening is performed after creating a state in monolithic (cast-in-situ) structures that occurs in the absence of deflection in structures. Examples of restoration of the serviceability of the floor systems of various buildings are given.

## ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫН ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫК ЖАРАМДУУЛУГУН КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ ҮЧҮН ҮСТҮРТӨДӨН КҮЧТӨНДҮРҮҮДӨ ФИБРОШИРЕТИЛГЕН ПЛАСТИКТЕРДИ АЛДЫН-АЛА ЧЫҢАЛТУУНУН ЫКМАЛАРЫ

Беспяев А.А. <sup>(1)</sup>, Куралов У.С. <sup>(1)</sup>, Алтигенов У.Б. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> АО «КазНИИСА», г. Алматы, Казахстан

*Аннотация.* Ийилүүчү темирбетон конструкцияларынын эксплуатациялык жарамдуулугун үстүртөн калыбына келтирүү ыкмасында фиброширетилген пластиктерди алдын-ала чыңалтуунун ыкмалары сунушталат. Күчтөндүрүү монолиттик конструкциялардагы ийилген жери жоктуктан келип чыккан абалды түзүүдөн кийин жүргүзүлөт. Ар түрдүү имараттардын жабууларынын эксплуатациялык жарамдуулугун калыбына келтирүү мисалдары келтирилет.

В процессе эксплуатации железобетонных перекрытий в балках и плитах перекрытий могут произойти повышенные прогибы и значительные трещины. Для восстановления эксплуатационной пригодности перекрытия рекомендуется поверхностное усиление растянутой зоны балок и плит перекрытий предварительно напряженными фиброармированными пластиками. Для этого создается напряженное состояние перекрытий, соответствующее нулевым прогибам балок и плит перекрытий.

Традиционные методы усиления железобетонных конструкций ориентированы на применение для усиления металлической арматуры или прокатной стали. Усиление обеспечивается наращиванием размеров, устройством обойм или рубашек, применением шпренгельных систем. Основные трудности такого усиления связаны с необходимостью обеспечения совместной работы дополнительных элементов усиления с существующей конструкцией, что требует выполнения вскрышных работ, приварки к существующей арматуре, обетонирования элементов. Выполнение таких работ весьма трудоемко, нуждается в использовании дополнительного оборудования, выполнения опалубочных и бетонных работ. Необходимо значительное время для набора прочности бетона моноличивания. При этом увеличиваются размеры сечения, вес конструкций, затруднен контроль качества усиления. Эти работы обладают высокой трудоемкостью, длительностью выполнения, низкой эффективностью, высокой стоимостью.

Современные методы усиления строительных конструкций ориентированы на применение для усиления фиброармированных пластиков, представляющих собой композит из фиброармированных искусственных волокон в пластиковой основе. Они наклеиваются непосредственно на поврежденную железобетонную поверхность. Процесс поверхностного усиления фиброармированными пластиками занимает несколько часов, а уже через сутки усиленная конструкция способна восстановить эксплуатационную принимать дополнительные усилия, при усилении не увеличиваются размеры конструкций и их вес.

Применение поверхностного усиления железобетонных конструкций наклеиванием фиброармированных пластиков на бетонную поверхность отличается простотой выполнения, повышенной скоростью выполнения, высокой эффективностью, низкой трудоемкостью, снижением стоимости работ. На очищенную бетонную поверхность наносится грунтовка и затем наклеиваются пластиковые материалы. Фиброармированные материалы отличаются повышенной прочностью, коррозионной стойкостью, малым весом, Усиление нормальных сечений может повышает прочность растянутой арматуры в несколько раз, увеличить несущую способность по поперечной силе, радикально повысить прочность сжатого бетона.

Однако непосредственное наклеивание фиброармированных пластиков на поврежденные железобетонные конструкции не уменьшает ширину раскрытия имеющихся трещин и существующие прогибы изгибаемых элементов. Фиброармированные пластики включаются в работу усиливаемых конструкций только при дальнейшем увеличении вертикальной нагрузки, хотя при этом они уменьшается скорость раскрытия трещин и роста вертикальных прогибов. Поврежденные изгибаемые железобетонные конструкции не будут соответствовать требованиям эксплуатационной пригодности.

Для восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных изгибаемых железобетонных конструкций предлагается способ создания предварительного напряжения усиливающих фиброармированных пластиков. Это может быть выполнено путем приподнимания поврежденного участка железобетонного перекрытия на величину, превышающую существующий прогиб железобетонного перекрытия. Затем производится усиление изгибаемой конструкции наклеиванием фиброармированных лент или сеток на поврежденные зоны и через несколько часов (длительность твердения зависит от качества используемых клеев) производится опускание приподнятого участка.

В процессе опускания усиливаемого элемента фиброармирующие материалы включаются в работу конструкции, уменьшают деформации растянутой арматуры, что приводит к уменьшению ширины раскрытия трещин, ликвидации чрезмерных прогибов конструкции и восстановлению эксплуатационной пригодности железобетонного перекрытия.

Подъем изгибаемых элементов может производиться телескопическими стойками, домкратами или шпренгельными системами из канатов.

Ниже приводим примеры восстановления эксплуатационной пригодности и повышению прочности поврежденных железобетонных перекрытий.

### **Пример №1.**

Многофункциональный жилой комплекс с паркингом расположен в южной части г. Алматы, в Медеуском районе на ул. Горной. Рассматриваемый Многофункциональный жилой комплекс состоит из трех Блоков почти прямоугольных в плане зданий размерами 18х35 м, имеющих по четыре жилых этажа, подвальный и мансардный этажи. Высота этажей – по 4 м. Блоки разделены сейсмошвами.

Здания Блоков имеют каркасно-стеновую конструктивную систему в виде ригельного каркаса и несущих стен, в которой большую часть вертикальных нагрузок и горизонтальные нагрузки воспринимают и передают основанию несущие железобетонные стены. Фундаменты плитно-свайные в виде фундаментной плиты и буронабиных свай с уширениями. Несущие стены, каркас и перекрытия монолитные железобетонные.

Предварительное обследование жилых Блоков показало, что сечения, армирование и прочность бетона несущих конструкций зданий соответствуют проекту, Однако ригеля, балки и плиты перекрытий имеют трещины шириной раскрытия до 0,40-0,50 мм и и повышенные вертикальные прогибы.

Усиление плит перекрытий производилось поверхностным усилением растянутой стороны с помощью фиброармированных пластиков. В качестве элементов усиления использовались фиброармированные ленты ламината MBRACE LAM CF 165/3000.50x1,2.100m the Chemical Company BASF (Германия). Ламинат представляет собой ленты шириной 50 мм, толщиной 1,2 мм, с прочностью на разрыв более 3000 МПа и модулем упругости не менее 165 ГПа. Ленты ламината наклеивались в виде сетки с ячейками 400x400 мм или 500x500 мм на участки плит с трещинами.

Для восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных участков перекрытия производилось предварительное напряжение фиброплаковой арматуры. Для этого усиливаемые участки плит перекрытий осуществлялся поднимались телескопическими стойками с созданием усилия не менее 10-15 тс до «зажатия» имеющихся трещин до величины 0,10-0,15 мм и ликвидации вертикальных прогибов.. Величину подъема перекрытий контролировали с помощью прогибомеров ПАО-6 с ценой деления 0,01 мм. Ширина раскрытия трещин замерялась с помощью микроскопа МПБ-3 с ценой деления 0,02 мм.

После демонтажа телескопических опор остаточная ширина раскрытия трещин в бетоне железобетонных плит перекрытий не превышала 0,10-0,25 мм, а прогибы перекрытий не превышали 18-30 мм.

### **Пример №2.**

Жилой дом расположен в Медеуском районе г. Алматы на проспекте Достык и представляет собой трехэтажное здание общими габаритами в плане 18,5x26,7 м и высотой около 10 м и состоит из трех блоков прямоугольной формы в плане размерами 9x15 м, в которых средний блок выступает над соседними блоками на 3,5 м. Цокольный этаж имеет высоту 2,7 м, а надземные этажи выполнены высотой по 3 м (Рисунок 5).

В соответствии с «Картой комплексного сейсмического микрорайонирования г. Алматы и прилегающих территорий» (СН РК 2.03-07-2001) площадка строительства относится к сейсмической подзоне II-A-1 с сейсмичностью района строительства 9 баллов, грунтами I категории по сейсмическим свойствам и сейсмичностью площадки строительства 9 баллов.

По конструктивному решению жилой дом относится к стеновым системам с несущими стенами комплексной конструкции и монолитными перекрытиями. Несущие стены выполнены из кирпичной кладки, усиленной железобетонными включениями.

Фундаменты монолитные ленточные. Перекрытия и покрытия в виде плоской железобетонной плиты толщиной 200 мм. Перегородки легкие гипсокартонные.

Несущие стены комплексной конструкции выполнены из кирпичной кладки толщиной и слоя утеплителя. Они усилены вертикальными железобетонными включениями шириной 200 мм, армированные продольной арматурой из 4Ø18 А-III и хомутов Ø6 А-I. Фактическая прочность бетона в железобетонных включениях находится в пределах 17-24 МПа, в среднем составляя около 20 МПа, т.е. соответствует бетону класса В15.

Плиты перекрытия и покрытия выполнены толщиной 200 мм и армированы в нижней и верхней зоне сетками из стержней Ø12-АIII, Ø8А-III, соответственно, с размерами ячеек 200×200 мм. Фактическая прочность бетона в железобетонных плитах перекрытий соответствует бетону класса В25.

В плитах перекрытия над вторым этажом имеются горизонтальные трещины на нижней стороне в пролетах плит шириной раскрытия 0,35-0,50 мм.

Поврежденные участки плит перекрытий усилены по растянутой стороне фиброармированными пластиками в виде ленты ламината MBRACE LAM CF 165/3000.100x1,2.100m the Chemical Company BASF (Германия), который ламинат представляет собой ленты шириной 50 мм, толщиной 1,2 мм, с прочностью на разрыв более 3000 МПа и модулем упругости не менее 165 ГПа. Ленты ламината наклеены в виде сетки с ячейками 400x400 мм или 500x50 мм на участки плит с трещинами.

Для уменьшения ширины раскрытия трещин усиливаемые участки плит перекрытий подняты с помощью телескопических стоек с созданием усилий около 10-15 тс. После демонтажа телескопических опор остаточная ширина раскрытия трещин в бетоне железобетонных плит перекрытий не превышала 0,1-0,2 мм.

### **Пример №3.**

Здание на проспекте Сейфуллина в г. Алматы представляет собой трехэтажное здание общими габаритами в плане 18,5x26,7 м и высотой около 10 м и состоит из трех блоков прямоугольной формы в плане размерами 9x15 м, в которых средний блок выступает над соседними блоками на 3,5 м. Цокольный этаж имеет высоту 2,7 м, а надземные этажи выполнены высотой по 3 м.

По конструктивному решению здание является рамно-связевой системой в виде рамного каркаса и вертикальных диафрагм жесткости, в которой вертикальные нагрузки, главным образом, воспринимает и передает основанию рамный каркас, а горизонтальные нагрузки воспринимают совместно вертикальные диафрагмы жесткости и рамный каркас.

Каркас, диафрагмы жесткости и перекрытия монолитные железобетонные. Фундаменты в виде фундаментной плиты по бетонной подготовке. Наружные стены подвальных этажей монолитные железобетонные. Наружные стены здания из газобетонных блоков.

Выполнение обследования технического состояния здания показало, что армирование несущих железобетонных конструкций здания соответствует проекту. Прочность бетона в железобетонных конструкциях фундаментов и подземных этажей здания соответствует бетону класса по прочности В40. Прочность бетона в железобетонных конструкциях надземных этажей здания близка к бетону класса по прочности В25 и В30.

Основным недостатком возведенных несущих железобетонных конструкций здания является наличие диагональных трещин железобетонных перекрытиях на отм. 14,000; 18,000; 22,000; 26,000; 30,000; 34,000; 38,000; 41,600 и 45,700 шириной раскрытия до 0,4-0,5 мм.

Усиление плит перекрытий, имеющих недопустимое раскрытие трещин, выполнено наклеиванием в шахматном порядке однонаправленных углеродных лент шириной 600 мм марки FibArm Tape 230x300 (ЗАО «Холдинговая компания «Композит», Россия), имеющих следующие характеристики: поверхностная плотность - 230 г/м<sup>2</sup>, количество филаментов - 12К, удлинение при разрыве волокна – 1,8%, расчетная толщина ленты монослоя – 0,128 мм, модуль упругости волокна – 245 ГПа, прочность на растяжение волокна 4,9 ГПа.

При выполнении работ по усилению перекрытий здания выполнялся подъем участков железобетонных перекрытий с помощью гидравлического домкрата и сварной металлической стойки. Затем устанавливались временные металлические стойки и выполнялись работы по наклеиванию усиливающих лент. После набора прочности клея, которым приклеивались сетки к бетону, временные стойки демонтировались. После демонтажа временных стоек производились замеры трещин с помощью микроскопа МПБ -3 с ценой деления 0,05 мм, а также выполнялась топосъемка перекрытий с помощью тахеометра с ценой деления 1 мм.

Анализ состояния усиленных конструкций показал что, прогибы и ширина раскрытия трещин в усиленных плитах перекрытий соответствует требованиям норм по проектированию железобетонных конструкций.

Таким образом, усиление железобетонных плит перекрытий предварительно напряженными фиброармированными сетками не только обеспечило требуемую прочность железобетонных перекрытий, но и восстановило их эксплуатационную пригодность.

#### **Пример №4.**

Здание Бизнес-центра, расположенного в жилом массиве Ақ-бұлақ-33 города Астана представляет собой трехэтажное здание общими габаритами в плане 18,5x26,7 м и высотой около 10 м и состоит из трех блоков прямоугольной формы в плане размерами 9x15 м, в которых средний блок выступает над соседними блоками на 3,5 м. Цокольный этаж имеет высоту 2,7 м, а надземные этажи выполнены высотой по 3 м.

Обследование технического состояния здания показало, что армирование несущих железобетонных конструкций здания соответствует проекту; фактическая прочность бетона в несущих железобетонных конструкциях здания не ниже проектной. Основным дефектом несущих железобетонных конструкций является неудовлетворительное состояние монолитных железобетонных безбалочных плит перекрытий, в которых образовалась сеть трещин недопустимой ширины раскрытия на нижней поверхности плит в пролетных частях (до 0,4-0,6 мм), трещин в примыкающих к колоннам верхних поверхностях плит (0,45-0,7 мм), а также чрезмерных вертикальных прогибов большинства ячеек плит перекрытий (до 74-85 мм).

Основными причинами повреждений плит перекрытий явилась недостаточная толщина плит перекрытий, а также недостаточная длина анкеровки стержней верхних дополнительных сеток, установленных в приколонных частях плит перекрытий.

Усиление плит перекрытий, получивших недопустимые прогибы и чрезмерную ширину раскрытия трещин, рекомендуется производить поверхностным усилением растянутых зон плит с помощью предварительно напряженных фиброармированных пластиков. Ленты ламината рекомендуется наклеивать в нижней пролетной части плит перекрытий в виде сетки с квадратными ячейками, а также лент ламината, расположенных на верхней поверхности плит перекрытий вблизи колонн в направлении осей здания.

В качестве элементов усиления использовались фиброармированные ленты ламината MBRACE LAM CF 165/3000.50x1,2.100 (The Chemical Company BASF. Германия). Данный ламинат представляет собой ленты шириной 100 мм, толщиной 1,4 мм, с прочностью на разрыв более 3000 МПа и модулем деформаций не менее 165 ГПа.

Предварительное напряжение фиброармированных лент обеспечивалось подъемом плит перекрытия с помощью телескопических стоек с созданием усилий около 10-15 тс на величину перемещения пролетных сечений, превышающему имеющийся прогиб плит. После наклеивания фиброармированных пластиков прогиб плит перекрытий от собственного веса обеспечил включение в совместную работу со стальной арматурой лент фиброармированных пластиков, т.е. предварительное напряжение последних.

После демонтажа телескопических опор остаточная ширина раскрытия трещин в бетоне железобетонных плит перекрытий не превышала 0,1-0,2 мм.