

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ
НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. Исанова**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Диссертационный совет Д 05.23.01

На правах рукописи
УДК 678.057.+691.421.2(043.3)

АЛТИГЕНОВ УЛАН БАЙТУРСЫНОВИЧ

**ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ
ФИБРОАРМИРОВАННЫМИ ПЛАСТИКАМИ, ПРИ
СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

05.23.01 – Строительные конструкции,
здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

БИШКЕК-2021

Диссертационная работа Работа выполнена в Казахском научно-исследовательском и проектно-институте строительства и архитектуры Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

Научный руководитель:

Беспаяев Алий Аббасович

доктор технических наук, профессор,
«Заведующий лабораторией» Акционерное общество Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
кафедра «Технология машиностроения»
Адрес: 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66.

Защита диссертации состоится _____ часов на заседании диссертационного совета Д 05.23.01 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. А. Малдыбаева, 34, б, ауд. 1/101, www.ksucta.kg, тел.: (0312) 548566, факс: (0312) 543561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б и Кыргызско-Российского Славянского университета по адресу: 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте: www.ksucta.kg.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Маданбеков Н. Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. В связи с частым изменением назначения, реконструкцией и реновацией, требованиями повышения надежности и комфорта, физическим износом и повреждением от коррозии зданий и сооружений все большее значение приобретает необходимость усиления строительных конструкций. Особенно важную роль усилению и восстановлению зданий и сооружений отводится в сейсмических районах строительства, в районах стихийных бедствий, после аварий и террористических актов.

Основным материалом несущих конструкций зданий и сооружений современности является монолитный или сборной железобетон, поэтому проблемы совершенствования методов усиления железобетонных конструкций приобретают особую актуальность. Традиционные методы усиления железобетонных конструкций весьма трудоемки, требуют вскрышных, сварных и бетонных работ, нуждаются в значительном времени для обеспечения требуемой прочности. Новые, современные методы усиления железобетонных конструкций ориентированы на применение для усиления композитных фибропластиковых материалов, отличающихся высокой прочностью, стойкостью к коррозии и долговечностью. Поверхностное усиление железобетонных конструкций непосредственным наклеиванием на бетонные поверхности усиливающих композитных материалов отличается высокой эффективностью усиления, простотой и высокой скоростью выполнения, низкой трудоемкостью работ и быстрыми сроками повышения прочности.

Большая часть усиливаемых железобетонных конструкций нуждается в повышении прочности нормальных сечений по изгибающему моменту и несущей способности по поперечной силе.

В разработанной редакции Европейских норм в Республике Казахстане (Eurocode 2: Design of concrete structures [1]) введен раздел по проектированию усиления железобетонных конструкций фиброармированными пластиками.

Поэтому проведение исследований по выбранной теме весьма актуально и необходимо для строительной отрасли Казахстана и Средней Азии.

Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями. Диссертация выполнена в рамках государственной программы Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан по теме: Прочность и жесткость изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками, при статических и динамических нагрузках.

Цель исследования. является повышение эффективности усиления фиброармированными пластиками нормальных и наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение физико-механических характеристик новых типов фиброармированных материалов;
- оценка уровня повышения прочности сечений нормальных к продольной оси изгибаемых железобетонных элементов, усиленных фиброармированными пластиками;
- определение несущей способности изгибаемых железобетонных балок по прочности сечений наклонных к продольной оси элемента усиленных фиброармированными пластиками;
- определение учета влияния повторных динамических воздействий на прочность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных балок усиленных конструкций фиброармированными пластиками;
- определить эффективность усиления фиброармированными пластиками нормальных и наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций;
- разработка рекомендаций по усилению изгибаемых железобетонных конструкций предварительно напряженными фиброармированными пластиками;

Научная новизна полученных результатов

- определены результаты по напряженно-деформированному состоянию изгибаемых железобетонных конструкций усиленных лентами фиброармированных пластиков, при статических нагрузках вплоть до разрушения, при которых происходит отрыв защитного слоя бетона в зоне анкеровки лент или нарушение сцепления лент с бетоном;
- выявлены результаты по напряженно-деформированному состоянию и работе усиленных железобетонных изгибаемых конструкций при динамических нагрузках вплоть до разрушения, при которых происходит отрыв защитного слоя бетона в зоне анкеровки лент или нарушение сцепления лент с бетоном;
- разработана методика расчета усиления изгибаемых железобетонных конструкций, напряженными фиброармированными пластиками для повышенной прочности, жесткости и трещиностойкости элементов.
- разработаны рекомендации по усилению изгибаемых железобетонных конструкций предварительно напряженными фиброармированными пластиками.

Практическая значимость полученных результатов. Получены сопоставительные данные по применению новых типов фиброармированных пластиков для усиления железобетонных конструкций. Получены экспериментальные исследования по величине учитываемой в расчетах предельных деформаций фиброармированных пластиков при различных типах нагрузок. Разработаны рекомендации позволяющие проектировать усиление нормальных и наклонных сечений железобетонных конструкций, применяемых в обычных и сейсмических районах.

Экономическая значимость полученных результатов. Применение результатов выполненных экспериментальных исследований, усиленных изгибаемых железобетонных конструкций позволит обеспечить следующие показатели:

- сокращение сроков выполнения работ, а также привлечение исполнителей к работам по усилению железобетонных конструкций;

- отсутствие дополнительных конструктивных элементов от усиления несущих конструкций, в связи с чем не изменяется существующая полезная площадь усиливаемого объекта;

Рассчитанные показатели экономической эффективности внедрения разработанного усиления железобетонных конструкций составила в сопоставлении, с традиционным методом усиления (рубашка или обойма из металлоконструкций) составляет на 1 м² 53 600 тенге, усиление фиброармированными пластиками составляет 44 250 тенге.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

- выявлены предельно допустимые деформации фиброармированных пластиков, усиливающей прочность растянутой зоны нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов;

- определена картина распределения растягивающих напряжений в волокнах фиброармированных сеток по высоте усиливаемых наклонных сечений и предельные деформации волокон усиливающих сеток, при которых происходит отрыв защитного слоя бетона с боковых сторон усиливаемого элемента ;

- получено влияние динамического характера нагружения на прочность железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками;

- разработан способ усиления изгибаемых железобетонных конструкций предварительного напряжения фиброармированных пластиков при восстановлении эксплуатационной пригодности поврежденных железобетонных конструкций.

Личный вклад соискателя

- приведен обзор предшествующих работ в мировой практике по применению и изучению работы железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками.

- выполнены экспериментальные исследования, работы нормальных и наклонных сечений железобетонных элементов, усиленных различными типами фиброармированных пластиков, при статических и динамических нагрузках.

- осуществлена камеральная обработка опытных данных и выполнен расчетно-теоретический анализ результатов исследований.

- разработана методика расчета усиления нормальных и наклонных сечений поверхностным усилением фиброармированными пластиками для обычных и сейсмических районов.

– разработаны рекомендации по усилению и восстановлению поврежденных изгибаемых железобетонных конструкций применением предварительного напряжения фибропластиков.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований доложены и обсуждены на ряде международных и республиканских конференциях и совещаниях, в том числе на:

– IV Международной научно-практической конференции «Строительство в сейсмических районах», 2012, КазНИИСА, г. Алматы;

– Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновации, модернизация и энергоэффективность в строительстве», 2013 г. КазГАСА, Алматы;

– X Юбилейная всеукраинской конференции «Строительство в сейсмических районах Украины», 2015, г. Одесса;

– II международной конференции молодых ученых "Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства" Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН РА, 2015, г. Армения, Ереван;

– Международной научно-практической конференции «Современная строительная наука, состояние и перспективы развития», 2016 г., КазНИИСА, Алматы;

– VI Международная научно-практическая конференция «Новые строительные тренды в XXI веке, 2017 г. НИА РК, Алматы.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Материалы диссертации опубликованы в 21 научных трудах в том числе 7- в научных периодических изданиях, включенных в наукометрической базе данных РИНЦ, а также 14- в дополнительных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных литературы и приложений, изложенных на 146 страницах, машинописного текста. В работе содержится 20 таблиц, 98 рисунков 102 наименований литературы и 18 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранного направления исследований, формулируются цели работы, излагается методика проведения исследований и научная значимость.

В первой главе изложено состояние вопроса и направления дальнейших исследований, рассмотрены выполненные ранее экспериментальные и теоретические исследования различных авторов, показано современное состояние вопроса изучения железобетонных конструкций, усиленных фибрармированными пластиками строительных конструкций. Большой вклад в развитие из зарубежных исследователей внесли В. Беркли, А.А Шилина, С.А. Бокарева, А.В. Грановского.

Первые экспериментальные исследования несущей способности усиленных железобетонных элементов с помощью композиционных материалов, были начаты за рубежом. Испытанию подвергались железобетонные конструкции, усиленные композиционными материалами на основании стеклянных, арамидных, углеродных и других волокон. Впоследствии была выявлена эффективность усиления конструкций композитными материалами на основании углеродных волокон.

Активное изучение, производство и применение полимерных композитных материалов на основе различных волокон (углеродных, арамидных, стеклянных и др.) в строительстве началось в середине XX века. В 80-х годах в Японии впервые композитные материалы использовали для усиления колонн путем создания охватывающей обоймы. Основными преимуществами данного метода усиления являлись меньшая трудоемкость, удобство выполнения, малый собственный вес, низкая стоимость производства работ. Базовой работой по изучению напряженного состояния бетона в обойме является работа американских ученых в Илинойском университете. Их исследования посвящены изучению работы бетона при трехосном сжатии. По результатам исследований предложена зависимость прочности усиленного бетона от прочности исходного бетона, радиального напряжения в обойме и угла внутреннего трения.

В последние годы в Казахстане (АО КазНИИСА) проводятся широкие экспериментальные исследования работы железобетонных конструкций, усиливаемых различными типами композиционных материалов, в которых изучались:

– прочность и деформативность сжатых и внецентренно сжатых железобетонных конструкций, усиленных бандажами из нескольких слоев оборачивающих листов (тканей) с направлением фиброволокон перпендикулярно продольной оси усиливаемого элемента;

– работа нормальных сечений, изгибаемых балочных железобетонных конструкций, усиленных наклейкой ламелей или ламината на растянутую поверхность с направлением фиброволокон вдоль усиливаемой конструкции;

– прочность по поперечной силе наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных наклейкой в приопорной зоне усиливаемой конструкции вертикальных или наклонных сеток;

– влияние динамических повторных нагрузок на работу сжатых и изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками.

В последнее десятилетие началось активное расширение выпуска балок, ламинированных пластин, оболочек и сэндвич-структур из композита с фиброармированными волокнами. Рабочая группа CEN/TC250 WG4 опубликовала ОТЧЕТ, который содержит предварительные положения Руководства по проектированию композитных структур из FRP (материалов, армированных фиброволокном и пластиком).

Наиболее распространенным методом усиления железобетонных конструкций фиброармированными пластиками является применение поверхностного усиления железобетонных конструкций, для которого используется грунтовка бетонных поверхностей, шпаклевочные составы, адгезивы, одно или двусторонне направленные листовые ткани или ламинат.

Система поверхностного усиления включает в себя грунтовки бетонных поверхностей, шпаклевочные составы, адгезивы, одно или двусторонне направленные ткани или ламели (ламинат). Для усиления растянутой зоны и прочности на действие поперечных сил применяются изготовленные в заводских условиях пластины ФАП (ламели или ламинат), а для усиления сжатого бетона используются оборачивающие листовые покрытия. Ламели или ламинат, в основном, имеют одно направленные волокна, но волокна могут быть и двусторонне направленными. Усиление изгибаемых балочных конструкций осуществляется наклейкой на растянутую грань ламелей или ламината с направлением волокон вдоль усиливаемой конструкции, вертикальных или наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси. Усиление плитных конструкций осуществляется наклейкой на растянутую поверхность накладок ФАП с направлением волокон вдоль оси конструкции и поверх них – поперечных накладок с направлением волокон перпендикулярно продольных накладок. Листовые покрытия могут плетеными (одно направленными) или тканными (двусторонне - направленными). Усиление сжатых конструкций осуществляется путем устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон ФАП перпендикулярно оси усиливаемой конструкции.

Анализируя метод усиления железобетонных конструкций в наращивании размеров сечения с помощью монолитных железобетонных обоим или металла–конструкциями трудоемкие, эти методы сопровождаются вскрышными, сварными и бетонными работами, требует значительного времени для набора прочности бетона.

Таким образом, изучение данных экспериментально-теоретических исследований по усилению нормальных и наклонных сечений изгибаемых

железобетонных конструкций фиброармированными пластиками при статических и динамических нагрузках является актуальной задачей.

Вторая глава «Описаны опытные образцы и методика испытаний» для выполнения поставленных задач в данной работе выполнен комплекс экспериментальных исследований, направленных на изучение особенностей работы изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных с помощью карбонатного одно направленного фиброармированными пластиками при статических и динамических нагрузках.

В задачи исследования входит:

- результаты работы нормальных сечений изгибаемых железобетонных балок, усиленных с помощью фиброармированными пластиками;
- изучение прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных балок, усиленных с помощью фиброармированными пластиками;
- оценка влияния немногочисленных динамических повторных нагрузок на работу нормальных сечений изгибаемых железобетонных балок, усиленных с помощью фиброармированными пластиками.

Для исследования работы нормальных сечений изгибаемых железобетонных балок, усиленных с помощью карбоновых лент ламината и ламеля, испытано три партии опытных образцов железобетонных балок (по 15 балок в партии), основная часть которых предназначена для изучения работы нормальных сечений и по несколько образцов испытаны для изучения прочности наклонных сечений. Партии образцов отличались типами используемых для усиления материалов.

Опытные образцы для изучения работы нормальных сечений изгибаемых железобетонных балок изготовлены длиной 2200 мм, сечением 120x200 (b×h) мм из общего замеса бетона естественного твердения. Образцы балок были армированы пространственными вязаными каркасами с несимметричной арматурой из 2Ø12А-III в нижней зоне, 2Ø10А-III в верхней зоне и хомутами 6 А-I. Для изготовления опытных образцов использовали бетон класса В 25. На рис. 1 представлены партии образцов железобетонных балок для усиление фиброармированными пластиками.

Усиление растянутой зоны опытных образцов для исследования работы нормальных сечений выполнялось следующими фиброармированными полимерными материалами:

- I партия усиливалась лентами ламината на основе карбоновых фиброволокон типа S&H Laminate CFR 150/200 сечением 50x1,2 мм (БАСФ, Германия);
- II партия усиливалась лентами ламеля типа FibArmTape 530/300 12/100 сечением 100×1,2 мм (ХК Композит, Россия);

– III партия усиливалась лентами ламината на основе карбоновых фиброволокон типа MBRACELAMCF 165/3000 100x1,4 100m сечением 100x1,4 мм (БАСФ, Германия).

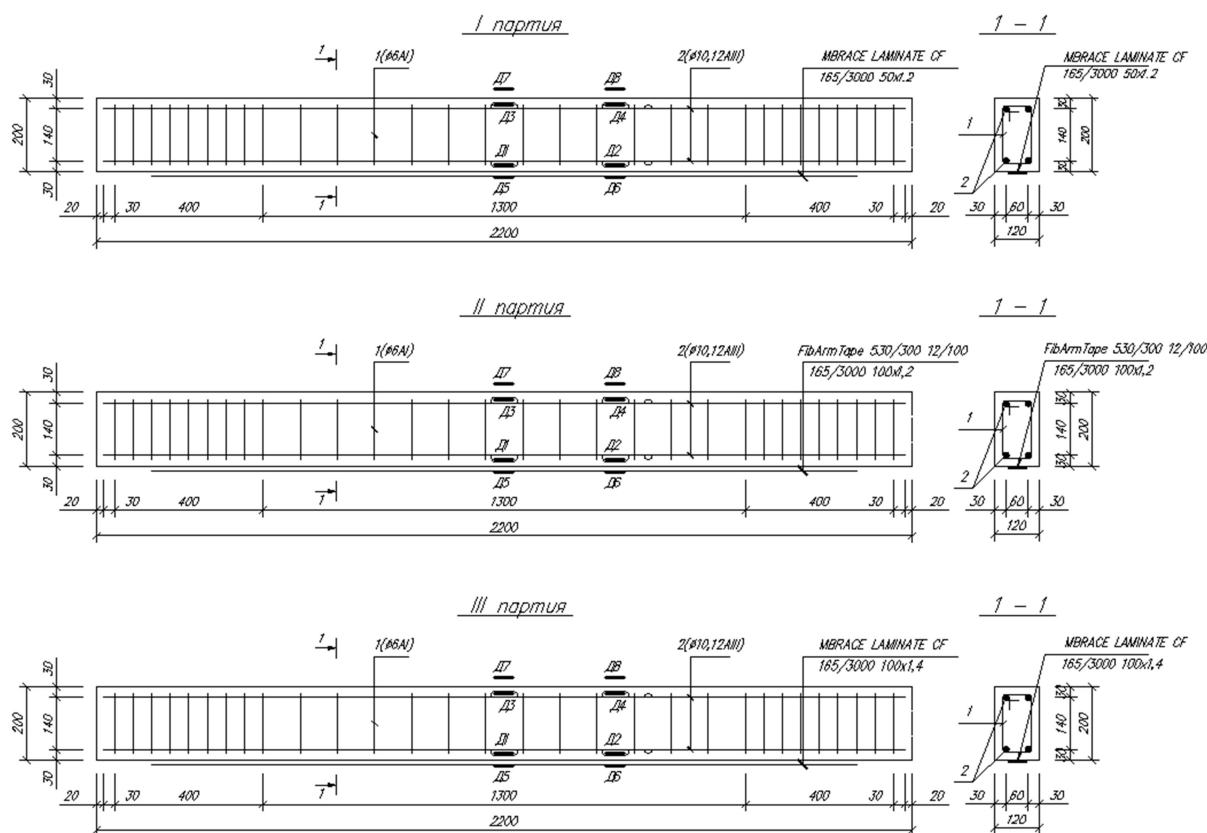


Рис. 1. Усиление лентами ламината на основе карбоновых фиброволокон типа S&H Laminate CFR 150/200 сечением 50x1,2/100x1,2/100x1,4 мм

Опытные образцы железобетонных балок, предназначенные для изучения наклонных сечений, усиленных вертикальными и наклонными лентами сеток, изготовлены пролетом 2200 мм, сечением 120×200 (b×h) мм и армированы пространственными вязаными каркасами с несимметричной арматурой из 3Ø12А-III в нижней зоне, 2Ø10А-III в верхней зоне. Опорные зоны балок усилены наклейкой фиброармированных полимерных сеток.

Испытано три партии опытных образцов железобетонных балок, предназначенных для изучения прочности наклонных сечений, различающихся типом применяемых для усиления фиброармированных полимерных материалов:

- I партия усиливалась сетками на основе карбоновых фиброволокон типа S&P C Sheet 240 шириной 50 мм (БАСФ, Германия);
- II партия усиливалась сетками типа FibArmTape 530/300 шириной 300 мм (ХК Композит, Россия);
- III партия усиливалась сетками на основе карбоновых фиброволокон S&H Laminate 150/200 сечением 50x1,2 мм.

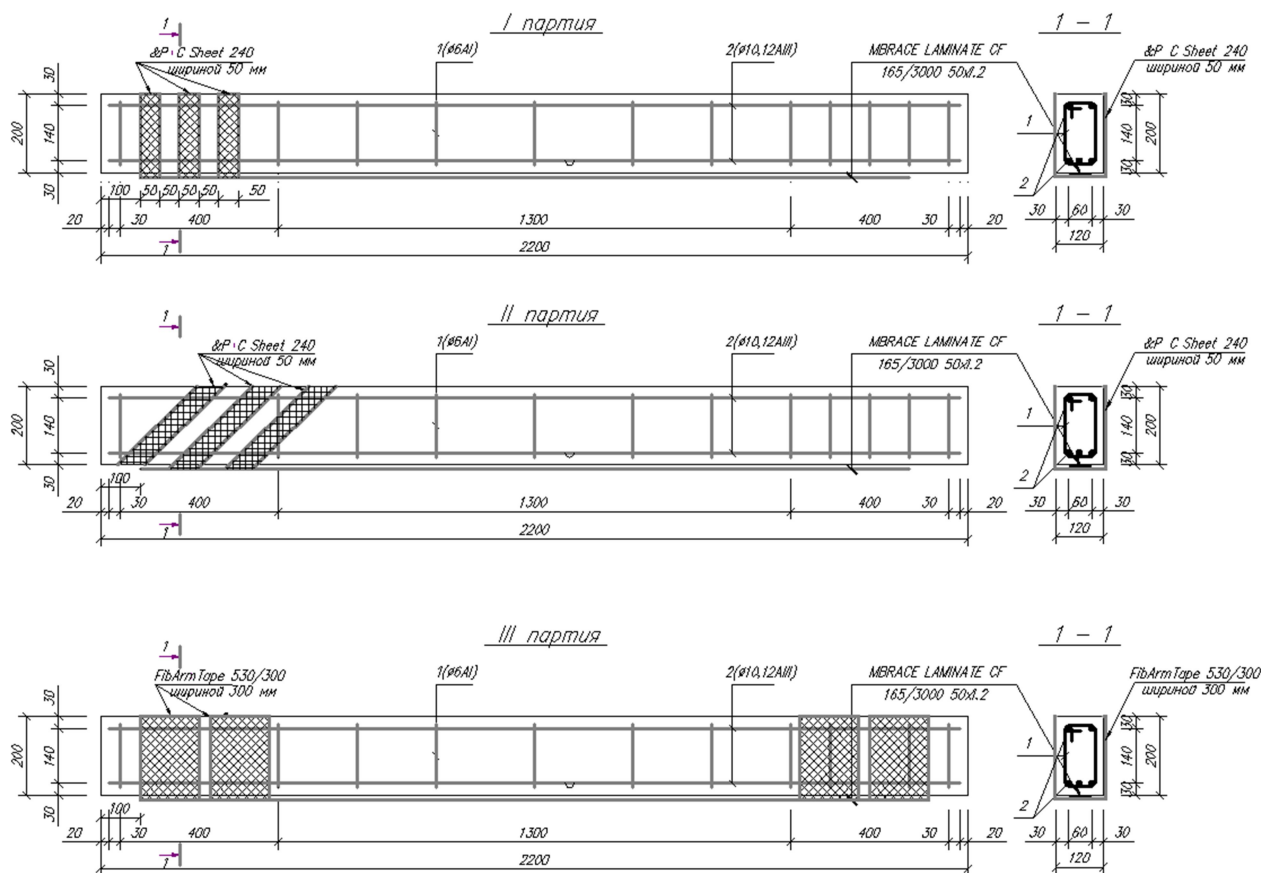


Рис. 2. Усиление наклонных сечение изгибаемых железобетонных балок вертикальными и наклонными полосами фибрармированными сетками

По 3-7 балок каждой партии образцов, предназначенных для изучения работы нормальных сечений, которые изготавливались без усиления растянутой зоны ламинатом, также усиленных сверху и снизу лентами ламината или ламеля, были испытаны при динамическом действии повторных нагрузений, которые создавались гидродинамической машиной МВГ-1 с гидравлическим домкратом двойного действия при коэффициенте асимметрии изменения усилий $\rho \sim 0,04$ и частоте нагружения 1,0 герц при величине усилий, обеспечивающей разрушение опытных образцов за $10 \div 100$ циклов нагружения. Регистрация параметров динамических испытаний железобетонных осуществлялась с помощью электронной системы ПРИС-1000.

В третьей главе «Представлены результаты экспериментальных исследований».

Статические испытания балок проводились в силовом стенде при поэтапном нагружении поперечной нагрузкой, создаваемой гидравлическим домкратом и ручной насосной станцией. Четыре балки серии Б-1 были испытаны без усиления. Их разрушение произошло в зоне чистого изгиба и сопровождалось раздроблением сжатой зоны бетона при напряжениях в растянутой арматуре, соответствующих пределу текучести стали, прогибы

балки составляли $1/27,5$ величины пролета, а ширина раскрытия трещин достигала 2 мм и более. Наклеивание ламината S&P С FK 150/2000 на растянутую грань балки привело к повышению прочности балок в среднем на 76%. При этом деформации сжатой зоны бетона и растянутой арматуры практически не изменились, а деформации растянутого ламината составили около 6‰, прогибы балки и ширина раскрытия трещин уменьшились более чем в два раза (рис.3-4. Таблица 1).

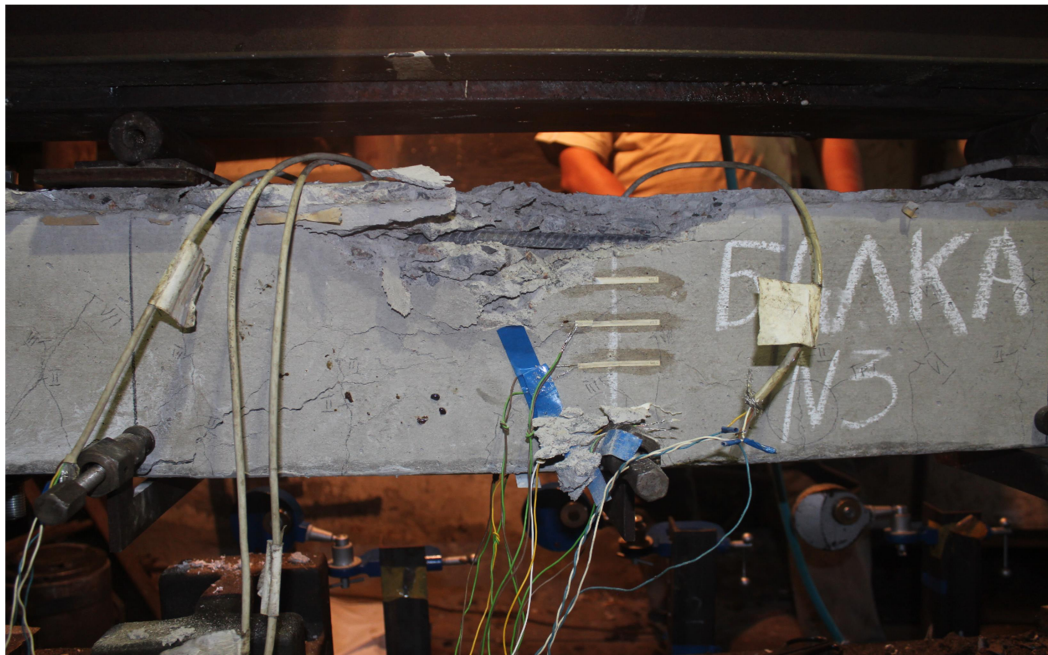


Рис. 3. Разрушение усиленной балки в зоне чистого изгиба с разрушением сжатой зоны бетона

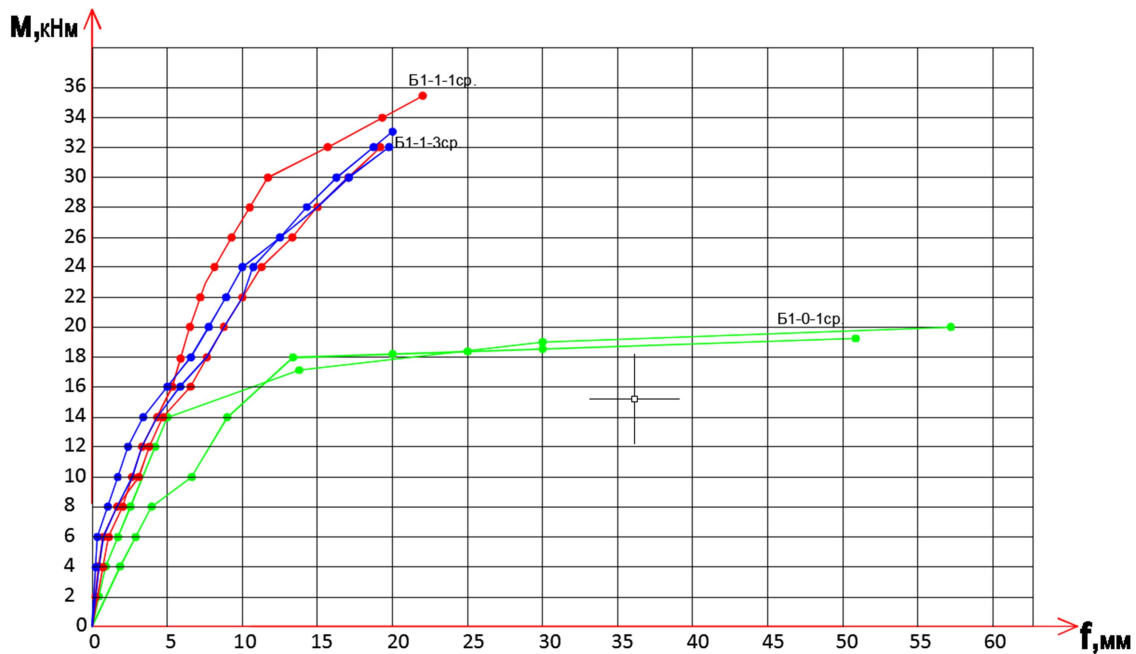


Рис. 4. Диаграммы вертикальных прогибов балок серии Б-1, без усиления (1), усиленных ламинатом в растянутой зоне (2) и усиленных ламинатом в растянутой и сжатой зонах (3)

Таблица 1 – Результаты испытаний изгибаемых балок серии Б-I

№ Образцов	Усиление образцов	Разрушающая нагрузка а М, кНм	Прогобы f, см	Ширина раскрытия трещин а _{скс} , мм	Предельные деформации		Деформации ламината	
					$\epsilon_b \cdot 10^{-5}$	$\epsilon_s \cdot 10^{-5}$	$\epsilon_{лр} \cdot 10^{-5}$	$\epsilon_{лс} \cdot 10^{-5}$
БI-0-1с	Без усиления	+20,4	5,6	1,6	-286	+591	-	-
БI-0-2с		+18,68	5,1	1,3	-332	+430	-	-
БI-0-3с		-16,41	5,8	2,2	-312	+464	-	-
БI-0-4с		-15,78	5,9	2,3	-313	+439	-	-
БI-1-1с	Ламинат снизу	+35,07	2,4	0,6	-240	+472	+610	-
БI-1-2с		+33,79	2,2	0,7	-347	+480	+580	-
БI-1-3с	Ламинат снизу и сверху	+31,78	1,8	0,8	-208	+546	+596	-308
БI-1-4с		+31,78	2,1	0,8	-190	+450	+600	-290
БI-1-5с		+32,52	2,0	0,8	-190	+505	+510	-269

Испытание балок серии БII, усиленных в растянутой зоне ламелем FibArm-Tape 530/300 1,2x100 мм, показало, что при одном слое наклеенного ламеля нормальные трещины в зоне чистого изгиба появились при величине изгибающего момента 26,3 кНм, а в дальнейшем вплоть до разрушения ширина раскрытия трещин не превышала 0.25 мм. Разрушение балок было вызвано отрывом защитного слоя бетона в зоне анкеровки ламеля и носило хрупкий характер. Увеличение до двух количества слоев ламеля в растянутой зоне не привело к повышению прочности балок II партии, но сопровождалось уменьшением прогибов, уменьшением ширины раскрытия трещин, уменьшением деформаций в растянутой арматуре. Это связано с тем, что балки, усиленные двумя слоями ламеля, оказались переармированными. При этом разрушение балок с двумя слоями лент ламеля сопровождалось отрывом защитного слоя бетона в зоне анкеровки ламеля и носило хрупкий характер (рис. 5. и рис. 6. табл. 2).



Рис. 5. Разрушение балки в зоне чистого изгиба с отрывом защитного слоя бетона

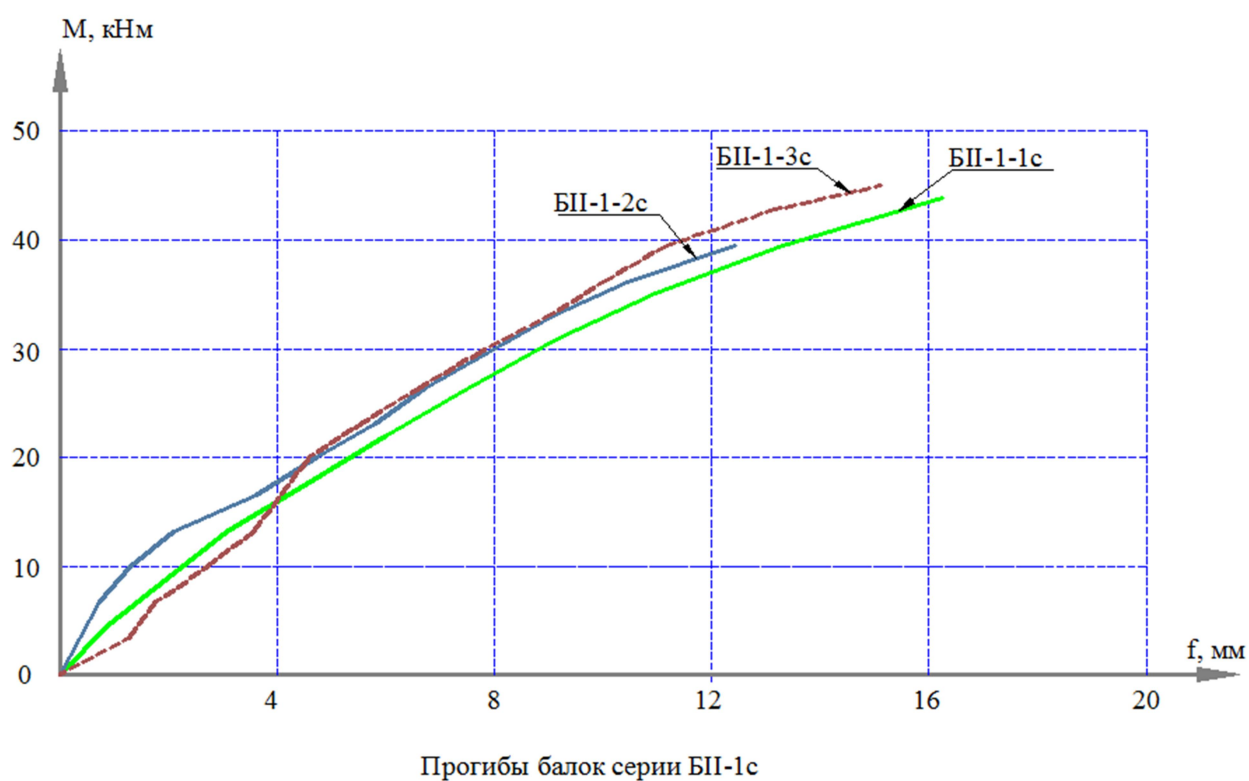


Рис. 6. Диаграммы вертикальных прогибов балок серии Б-П

В Таблице 2 представлены основные характеристики изгибаемых балок серии БП, включающие разрушающую нагрузку, деформации сжатой и растянутой арматуры, деформации лапеля, деформации сжатой грани бетона, прогибы и высота сжатой зоны при усилении одним и двумя слоями лапеля.

Таблица 2 – Основные характеристики балок серии Б–II

Марки образца	Разрушающая нагрузка М, кНм	Прогиб f, мм	Предельные деформации, 10 ⁻⁵				Сжатая зона бетона x/h ₀
			Арматура		Ламель	Бетон	
			ε_s	ε_s^1			
БII-1-1с	46,9	15,1	+210	-155	+375	-200	0,49
БII-1-2с	40,2	12,4	+145	-90	+410	-170	0,50
БII-1-3с	45,8	15,1	+151	-312	+340	-100	0,50
БII-2-1с	43,6	11,3	+130	-96	+140	-150	0,50
БII-2-2с	44,6	8,7	+105	-90	+82	-160	0,50
БII-2-3с	44,6	9,3	+138	-100	+170	-170	0,50

Балки III партии были усилены в растянутой зоне ламинатом серии MBRACELAMCF 165/3000 100x1,4 мм. Разрушение их происходило в зоне чистого изгиба и сопровождалось разрушением сжатой зоны бетона и отслоением ламината от растянутой зоны бетона, или отрывом защитного слоя бетона при ширине раскрытия нормальных трещин более 1,2 мм (Таблица 3). Продольные деформации по высоте сечения распределяются практически по линейной зависимости. Наибольшие деформации бетона на сжатой грани достигают 3,0 ‰, а деформации ламината находились в пределах 2,6–3,7 ‰. В одной балке верии (БIII-1с) произошло разрушение опорной части балки от исчерпаниии прочности по поперечной силе, равной Q=60,2 кН. (рис. 7-8. Таблица 3).

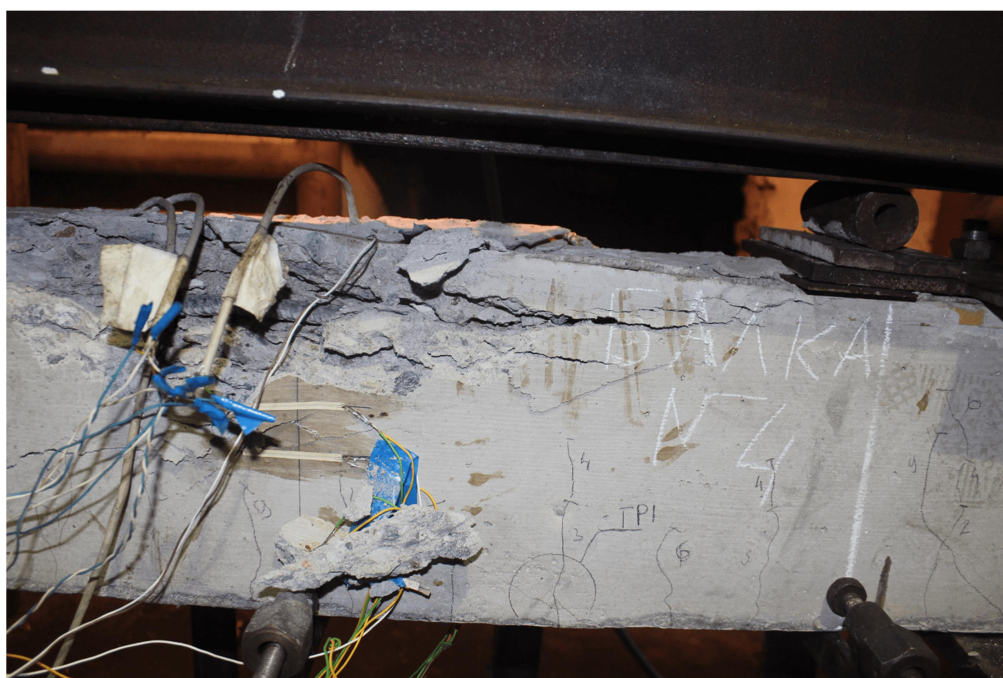


Рис. 7. Разрушение зоны чистого изгиба балок III партии



Рис 8. Разрушение приопорной зоны балки БШ-1с

В Таблицах 3 и 4 представлены прочностные и деформативные характеристики изгибаемых балок серии БШ-1с, включающие прочность, трещиностойкость, деформации сжатой и растянутой арматуры, деформации ламината, деформации сжатой грани бетона, прогибы и высоту сжатой зоны.

Таблица 3 – Данные по прочности и трещиностойкости балок серии Б-Ш

Марка образца	Разрушающая нагрузка M_u , кНм	Нагрузка образования трещин, кНм		Ширина раскрытия трещин, a_{cr} , мм		Характер разрушения
		нормальных, $M_{cr.s}$	наклонных, $M_{cr.w}$	нормальных	наклонных	
БШ-1с	34,77	13,91	32,45	0,35	1,2	по Q
БШ-2с	46,36	9,27	23,18	0,40	0,45	по M
БШ-3с	51,0	9,27	23,18	0,45	0,70	по M
БШ-4с	55,64	9,27	27,82	0,35	0,60	по M

Таблица 4 – Основные деформативные характеристики балок серии Б-III

Марка образца	Разруш. нагрузка, M_u , кНм	Вертик прогиб f , мм	Предельные деформации, 10^{-5}				Сжатая зона бетона, x/h_0
			арматуры		ламината ϵ_L	бетона ϵ_b	
			ϵ_s	ϵ_s^1			
БIII-1с	34,77	20,58	387	-267	586	-317	0,53
БIII-2с	46,36	19,69	267	-298	656	-288	0,46
БIII-3с	51,0	26,24	424	-408	1015	-428	0,505
БIII-4с	55,64	25,34	544	-250	1022	-298	0,50

Изучение прочности наклонных сечений балок по поперечной силе производилось при различном армировании опорных зон. В балках, не имеющих поперечной арматуры на приопорном конце, в процессе увеличения вертикальной нагрузки при величине изгибающего момента, составляющего около 15% от разрушающей нагрузки, наблюдалось образование нормальных трещин в зоне чистого изгиба, при увеличении нагрузки почти в 5 раз образовались наклонные трещины в приопорных зонах. При дальнейшем увеличении вертикальной нагрузки наблюдалось ускоренное раскрытие наклонных трещин и после достижения ширины трещин более 3-3,5 мм произошло разрушение бетона по наклонной зоне в приопорной неармированной зоне балки. Величины вертикальных прогибов составляли около 6 мм, деформации растянутой продольной арматуры составляли около 1,5‰, сжатой арматуры – 0,5‰, ширина раскрытия нормальных трещин составляла около 0,2 мм. На противоположном конце балки, армированном хомутами $\text{Ø}6\text{A}-1$ с шагом 100 мм ширина раскрытия наклонных трещин не превышала 0,1 мм, а деформации в стальных хомутах составляли около 1‰.

В балках, армированных в приопорной зоне вертикальными и наклонными полосами фибропластиковой сетки S&H C Sheet 240, прочность наклонных сечений по поперечной силе увеличилась почти в два раза (рис.9. Таблицы 5, 6).

После образования нормальных трещин, которые появились также при величине изгибающего момента, составляющего около 15% от разрушающей нагрузки, наклонные трещины образовались при величине поперечной силы, составляющей около 35–40% от разрушающей нагрузки. Разрушение балок вызывалось откалыванием слоя бетона под наклеенными полосами сетки, выключением из работы поперечного армирования, сопровождалось громким звуком и имело хрупкий характер.

Таблица 5 – Усилия, при которых образовались трещины и произошло разрушение балок с усилением опорных зон сетками S&H C Sheet 240

№	Поперечное армирование	$M_{срс,s}$ кНм	$Q_{срс,w}$ кН	M_u кНм	Q_u кН
1	Без хомутов	6,38	36,79	15,94	45,53
2		6,87	36,79	18,67	53,44
3	Вертикальные полосы из фиброармированных сеток	5,15	31,88	31,76	90,74
4		5,15	41,69	38,63	110,36
5	Наклонные полосы из фиброармированных сеток	5,15	39,24	35,19	100,55
6		6,87	39,24	28,33	80,93

Таблица 6 – Деформационные параметры работы наклонных сечений, усиленных в опорных зонах сетками S&H C Sheet 240

№	Поперечное армирование	ϵ_s ‰	$\epsilon_{s,1}$ ‰	$\epsilon_{s,w}$ ‰	$W_{k,s}$ мм	$W_{k,w}$ мм	$W_{k,p}$ мм	a_k мм
1	Без хомутов	1,4	0,4	–	0,2	3,5	–	5,82
2		0,96	0,5	1,1	0,16	3,4	–	6,66
3	Вертикальные Полосы из фиброармированных сеток	1,75	0,7	–	0,3	0,6	1,55	14,03
4		1,95	1,4	3,8	0,35	0,9	0,95	15,25
5	Наклонные полосы из фиброармированных сеток	2,0	0,7	2,3	0,3	0,65	0,95	11,12
6		1,9	0,7	2,6	0,25	0,4	1,5	11,14

За этап до разрушения наклонные трещины достигали величины 1,0–1,5 мм, деформации волокон фиброармированных сеток достигали 3-4‰, а на противоположном конце балки, армированном стальными хомутами, ширина раскрытия нормальных трещин достигала около 0,6 мм, а деформации хомутов составляли около 2‰. Величины вертикальных прогибов составляли около 11–15 мм, деформации растянутой продольной арматуры составляли около 2‰, сжатой арматуры – 0,7–1,0‰, ширина раскрытия нормальных трещин составляла около 0,35 мм.

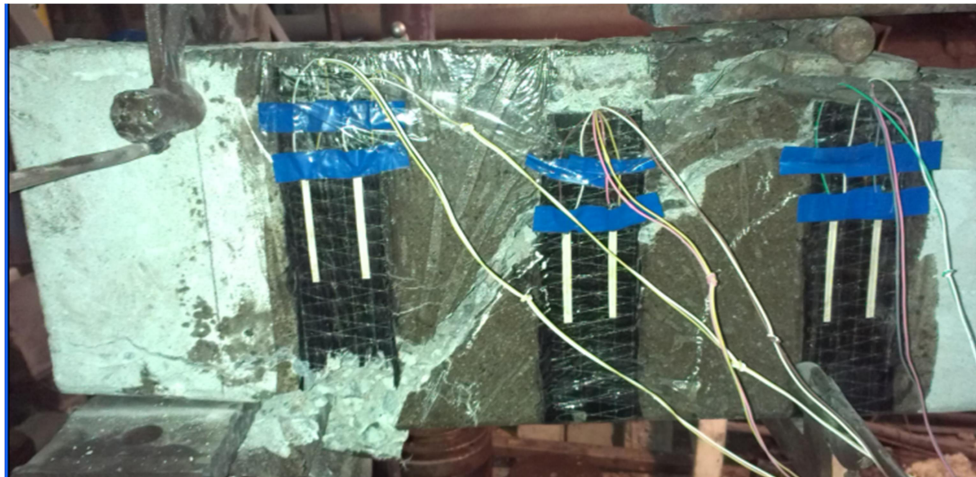


Рис. 8. Разрушение по поперечной силе опорной зоны балки, усиленной вертикальными полосами из фиброармированной сетки

В балках, армированных в приопорной зоне вертикальными полосами фибропластиковой сетки FIBARM 530/300, с ростом поперечной нагрузки образовались нормальные трещины в зоне чистого изгиба, затем появились наклонные трещины, после чего происходило разрушение опорной зоны, сопровождающееся отрывом защитного слоя бетона (Таблица 7. рис. 9-10).

Таблица 7– Усилия, при которых образовались наклонные трещины и произошло разрушение балок, усиленных сетки FIBARM 530/300

Марка балки	$M_{срс,s}$ кНм	$Q_{срс,w}$ кН	M_u кНм	Q_u кН
БQ-1	13,3	73,3	48,0	120,0
БQ-2	12,0	80	58,0	145,0
БQ-3	12,0	70,0	48,0	120,0

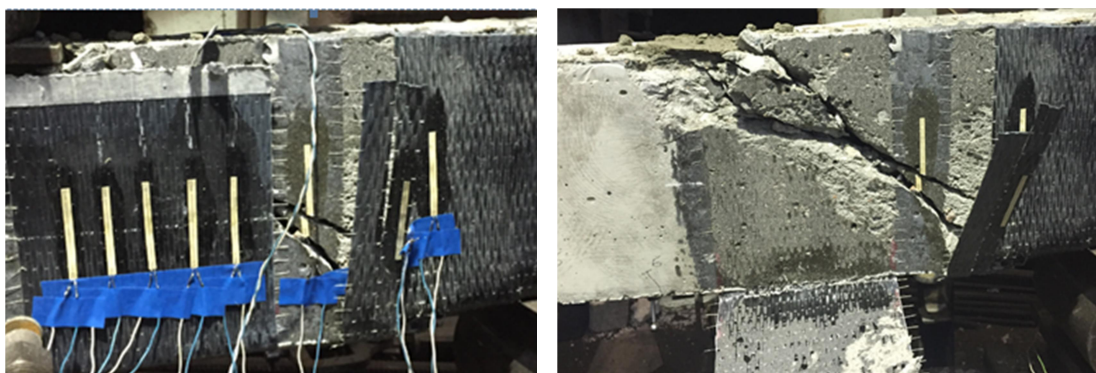


Рис. 9. Вид разрушенной опорной зоны балки после испытаний и после демонтажа сетки усиления

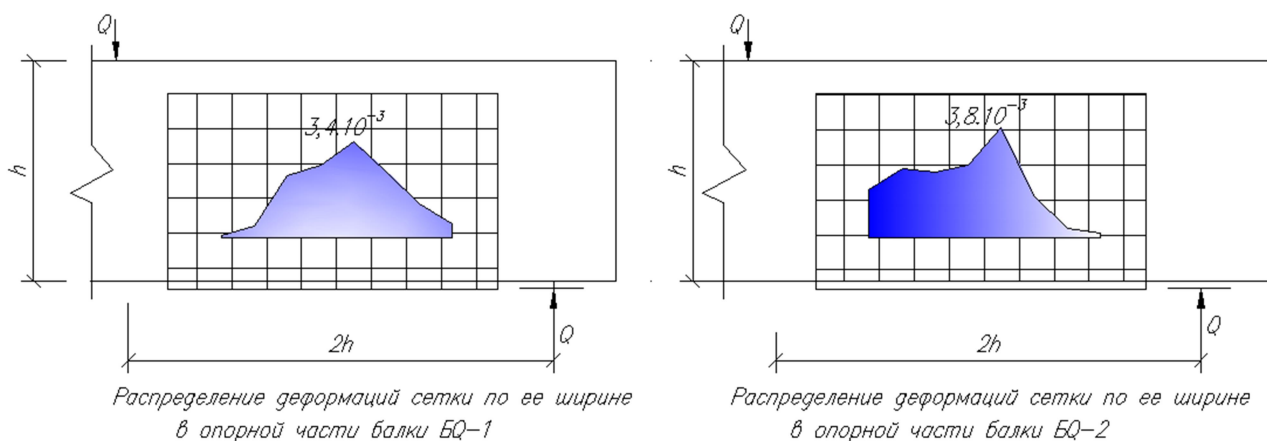


Рис. 10. Распределение деформаций по площади сетки FIBARM 530/300

Для изучения особенностей работы нормальных сечений изгибаемых балок проведены динамические испытания балок при динамическом действии повторных нагружений, которые создавались гидродинамической машиной МВГ-1 с гидравлическим домкратом двойного действия при коэффициенте асимметрии изменения усилий $\rho \approx -0,04$ и частоте нагружения 1,0 герц.

В Таблице 8 представлены результаты динамических испытаний балок серии Б-1, усиленных в растянутой и сжатой зонах ламинатом S&P С FK 150/2000, при максимальной амплитуде усилий, составлявшей 75–88% статической прочности образцов-близнецов.

Таблица 8 – Параметры динамической повторной нагрузки при испытании образцов серии Б-1

№	Параметры усиления балок	M_{\max} , кН	n, нагружения	$\rho = M_{\max}/M_{\min}$
1	Не усиленные балки	14,75	19,54	-0,04
2		15,12	25,8	+0,046
3		17,18	11,84	-0,28
4	Балки усилены в растянутой и сжатой зонах лентами ламината	22,7	14,71	-0,047
5		21,3	31,97	-0,043
6		23,93	64,56	-0,035

В процессе повторных нагружений прогибы не усиленных балок увеличились на 30–40%, деформации растянутой стальной арматуры увеличились на 25–30%. Аналогичные образцы балок, усиленные в растянутой и сжатой зоне лентами ламината S&P С FK 150/2000, выдержали 15–65 циклов повторных нагружений с максимальной амплитудой, составлявшей 67–75% статической прочности образцов-близнецов. Таким образом, динамическая прочность усиленных образцов оказалась на 45% выше динамической прочности образцов без усиления, хотя статическая прочность усиленных

образцов превышала статическую прочность не усиленных образцов на 64%. При этом деформации растянутого ламината достигали 3,0–3,52 ‰, деформации сжатого ламината достигали 2,6 ‰.

Образцы изгибаемых балок серии Б–II, усиленные в нижней зоне одним слоем ламеля FibArm Lamel 12x100 (рис. 11. Таблица 9), выдержали 8–280 циклов динамических повторных нагружений с максимальной амплитудой, превышающей статическую прочность на 3–28%. В процессе приложения динамических нагрузок в балке усиленные ламелем FibArm Lamel 12x100, деформации ламеля увеличились с 3,51 ‰ до 3,821‰ (на 10 ‰), а вертикальные прогибы увеличились с 23 мм до 29 мм (26%). Разрушение балки сопровождалось образованием и развитием нормальных и наклонных трещин, а также отколом защитного слоя бетона в зоне анкерования ламеля.



Рис. 11. Разрушение сжатой зоны бетона в зоне чистого изгиба

Таблица 9 – Параметры динамической повторной нагрузки образцов серии Б–II

№	Марка образца	M_{\max} , кНм	Количество нагружений n	M_{\max}/M_0
1	Б–II–1д	48,2	280	1,09
2	Б–II–2д	46,8	210	1,06
3	Б–II–3д	56,4	8	1,28
4	Б–II–4д	45,7	120	1,03
5	Б–II–5д	48,2	15	1,09
6	Б–II–6д	51,2	65	1,16

Образцы изгибаемых балок серии Б–III, усиленные в растянутой зоне ламинатом MBRACELAM CF 165/3000 100x1.4.100m, выдержали 6–302 цикла повторных нагружений с максимальной амплитудой, составляющей 80–117 % от статической прочности (Таблица 10). В процессе приложения динамических нагрузок деформации ламината увеличились с 4,22‰ до 4,64 ‰ (на 10 %), а вертикальные прогибы увеличились с 23 мм до 29 мм (26%).

Таблица 10 – Параметры динамической повторной нагрузки балок серии БIII–д

Марка образца	M_{max} , кНм	M_{max}/M_u	Количество нагружений п, ц	Прогиб, мм	Деформации, 10^{-5}	
					Ламинат	Бетон
БIII–1д	59,5	1,17	6	2,5–3,2	453–464	293–304
БIII–2д	40,6	0,80	302	2,7–3,3	433–457	287–303
БIII–3д	56,4	1,11	8	3,3–4,0	433–471	232–247
БIII–4д	45,7	0,90	32	3,7–4,2	427–470	192–239
БIII–5д	42,4	0,83	21	2,8–3,2	533–593	193–213
БIII–6д	43,0	0,84	5	2,8–3,1	500–520	253–277
БIII–7д	48,1	0,94	62	2,7–3,4	533–673	280–307

Четвертой главе приведены Рекомендации по усилению изгибаемых железобетонных конструкций фиброармированными пластиками, которые содержат положения по расчету несущей способности (предельные состояния первой группы) и по пригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

Расчет конструкций, усиленных ФАП, по первой группе предельных состояний выполняется на основе условий равновесия усилий в предельном состоянии и производится во всех случаях. При рассматриваются следующие схемы разрушения:

а) разрушение сжатой зоны бетона до достижения напряжений текучести в растянутой стальной арматуре при напряжениях в элементах ФАП значительно меньших расчетных (перерармированная растянутая зона сечения);

б) достижение напряжений текучести в растянутой стальной арматуре и последующий разрыв элементов ФАП без разрушения сжатой зоны бетона;

в) достижение напряжений текучести в растянутой стальной арматуре и последующее разрушение элементов ФАП, а также разрушение сжатой зоны бетона;

г) отслоение элементов ФАП от бетона или отрыв защитного слоя бетона элементами ФАП.

Расчет по второй группе предельных состояний производится только в тех случаях, когда расчетная нагрузка после усиления увеличивается.

Требуемую площадь продольной ФАП следует определять учитывая недостающую площадь продольной арматуры $A_{s,def}$ по формуле:

$$A_f = \frac{R_f E_f}{R_s E_s} A_{s,def} \quad (1)$$

Подбор площади сечения ФАП проводится итерационным методом путем задания некоторой площади ФАП и затем корректируя по результатам расчета по прочности последнюю в нужную сторону

ВЫВОДЫ

1. При экспериментальных исследованиях работы нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных в растянутой зоне поверхностным наклеиванием различных типов карбоновых фибропластиковых лент, применяемых в Казахстане, реализовано три схемы разрушения нормальных сечений изгибаемых железобетонных балок при их усилении фибропластиковыми лентами:

- повышенные деформации растянутой зоны в нормальном сечении приводят к чрезмерному раскрытию трещин и разрушению сжатой зоны бетона;

- наклеенные на растянутую грань изгибаемого элемента ленты фибропластиков отрывают защитный слой бетона, что приводит к разрушению железобетонной балки;

- наклеенные на растянутую грань изгибаемого элемента фиброармированные ленты отрываются от бетона, вызывая разрушение балки.

Усиление растянутой зоны изгибаемых железобетонных балок привело к повышению прочности нормальных сечений в 1,5-2,0 раза.

В процессе увеличения изгибающего момента деформации растянутых фиброармированных лент в нормальных сечениях увеличивались и перед разрушением достигали 0,6-0,64%.

2. При экспериментальных исследованиях прочности по поперечной силе наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных в опорной зоне поверхностным наклеиванием карбоновых фибропластиковых сеток, применяемых в Казахстане, установлено что, наклеивание однонаправленных вертикальных сеток, а также вертикальных и наклонных полос из сеток привело к повышению прочности по поперечной силе наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций в 1,4-2,3 раза. Эпюра растягивающих напряжений в волокнах фиброармированных сеток по длине наклонного сечения носит вид выпуклой дуги с наибольшими деформациями до 0,3-0,38%.

Разрушение по поперечной силе наклонных сечений, усиленных в приопорной зоне наклеиванием фиброармированных сеток, вызывается отрывом защитного слоя бетона с боковых сторон балки и сопровождается хрупким раздроблением бетона опорной зоны.

3. Предложенные методы расчета прочности нормальных и наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных

фиброармированными пластиками, обеспечили достаточно близкое совпадение с опытной прочностью испытанных балок.

4. При динамических испытаниях железобетонных балок, усиленных наклеиванием на растянутую грань фибропластиковых лент, при действии динамических повторных нагрузок с частотой 1,0 герц реализованы две схемы разрушения нормальных сечений при динамическом нагружении.

– динамическая прочность балок превышает статическую прочность, а 100 циклов нагружения приводят к снижению прочности на 12-29%.

– предельные деформации фибропластиковой ленты усиления перед разрушением нормальных сечений от динамических нагрузок достигали 0,4-0,5%, что меньше предельных деформаций при разрушении от статических нагрузок на 20-25 %.

5. Разработана методика расчета дополнительного продольного армирования фибропластиковыми лентами растянутой зоны нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, а также дополнительного поперечного армирования боковых поверхностей железобетонных конструкций фибропластиковыми материалами, повышающими прочность усиливаемых участков по поперечной силе.

6. Предложен способ усиления и восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных изгибаемых железобетонных конструкций с помощью предварительного напряжения усиливающих фибропластиковых материалов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Беспаяев А.А. Прочность сжатых бетонных элементов, усиленных фиброармированными сетками [Текст]. / А.А. Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б. Алтигенов** // «Сейсмостойкое строительство, Безопасность сооружений»//Научно-технический журнал. М., 2014, №2. - 36-38 с.

2. Беспаяев А.А. Исследование работы изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками, при динамических нагрузках [Текст]./ А.А. Беспаяев, **У.Б. Алтигенов** // «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений»// Научно-технический журнал. М., 2015, №3. - 43-45 с.

3. Беспаяев А.А. Прочность изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных пластиками FibArm Lamel и FibArm Tape [Текст]./ А.А. Беспаяев., **У.Б. Алтигенов** [Текст]// «Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций», Труды КазНИИСА, Алматы, 2016, вып. 24(34) - 105-116 с.

4. Беспаяев А.А. Исследование прочности железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками, при динамических нагрузках», «Материалы Международной научно-практической конференции Прочность конструкций, сейсмодинамика зданий и сооружений» [Текст] / А.А. Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б. Алтигенов** // Журнал проблемы механики.- Тошкент, 2016.- Вып. 3.-С.25-28.

5. Беспаяев А.А. Усиление железобетонных конструкций полимерными материалами [Текст] / А.А.Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б.Алтигенов** // Вестник национальной инженерной академии РК – Алматы-2011. –№2. –115–118 с.
6. Беспаяев А.А. Усиление железобетонных конструкций полимерными материалами [Текст] / А.А.Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б.Алтигенов** // Вестник национальной инженерной академии РК – Алматы-2011. –№2. –115–118 с.
7. Беспаяев А.А. Прочность сжатых бетонных элементов, усиленных фиброармированными сетками [Текст] / А.А. Беспаяев, **У.Б. Алтигенов** // Строительство в сейсмических районах: сб. матер. IV научно-технической конференции 16-19 октября 2012 г. Алматы: РГП «КазНИИССА», 2012. С. 34 – 38.
8. Алтигенов У.Б. Динамическая прочность железобетонных балок усиленных пластиками (FibArm Lamel) из углеродных фиброволокан», [Текст] / **У.Б. Алтигенов** //, «Международной научно-практической конференции Наука, техническое регулирование и инжиниринг в строительстве: состояние, перспективы», Караганда, 2016, удк 69.013.514.001.89 (ББК 38.1), с.64-66.
9. Беспаяев А.А. Поверхностное усиление железобетонных конструкций фиброармированными пластиками «Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций» [Текст] / А.А. Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б. Алтигенов** // Труды КазНИИССА, Алматы, 2015, вып. 23(33), с.115-128
10. Беспаяев А.А. Усиление и восстановление изгибаемых железобетонных конструкций предварительно напряженными фиброармированными пластиками [Текст] / А.А.Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б. Алтигенов** // Наука и инновационные технологии: Научный и информационный журнал-Махprint-Бишкек- 2018- №3–154-157 с.
11. Беспаяев А.А. Усиление наклонных сечений железобетонных конструкций карбоновыми углепластиками S&P C Sheet 249 [Текст] / А.А.Беспаяев, Е.М. Шокбаров, **У.Б. Алтигенов**, У.С.Куралов // Наука и инновационные технологии: Научный и информационный журнал-Махprint-Бишкек–2018–№3–209-212 с.
12. Беспаяев А.А. Усиление сжатых железобетонных конструкций пластиками FIBARM TAPE [Текст] / А.А.Беспаяев, **У.Б. Алтигенов**, У.С. Куралов // Наука и инновационные технологии: Научный и информационный журнал-Махprint-Бишкек- 2018- №3–212-218 с.
13. Беспаяев А.А. Способ предварительного напряжения фиброармированных пластиков при поверхностном усилении для восстановления эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций [Текст] / А.А.Беспаяев, **У.Б. Алтигенов**, У.С.Куралов // «Вестник» Международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству- Бишкек - 2018- №1/2018(2) – 41-45 с.
14. Шолпанбаев М.Е. Статическая прочность железобетонных балок усиленных с помощью ламината (S&P LAMINATE CFK) карбоновых фиброволокон [Текст] / М.Е. Шолпанбаев **У.Б. Алтигенов** // Сборник

материалов научно-технической конференции апрель 2012 г. Алматы: АО «КазГАСА», 2012. С. 41-56.

15. Шолпанбаев М.Е. Статическая прочность бетонных призм усиленных с помощью ткани (S&P C SHEET 240) карбоновых фиброволокон [Текст] / М.Е. Шолпанбаев **У.Б. Алтигенов** // Сборник материалов научно-технической конференции апрель 2012 г. Алматы: АО «КазГАСА», 2012. С. 41-56.

16. Беспаяев А.А. Прочность железобетонных балок усиленных карбоновыми фиброволокнами ламината (SP LAMINATE CFK 1.4/100 из углепластика [Текст] / А.А. Беспаяев **У.Б. Алтигенов** // «Международная научно-практическая конференции Современная строительная наука, состояние и перспективы развития», Труды КазНИИСА, Алматы, 2016, удк 69.0 (063), с.47-49

17. Беспаяев А.А. Новые винтовое соединение стержневой арматуры [Текст] / А.А. Беспаяев **У.Б. Алтигенов** М.В. Ксендзов // Строительство в сейсмических районах: сборник материалов IV научно-технической конференции 16-19 октября 2012 г. Алматы: РГП «КазНИИССА», 2012. С. 48-50.

18. Беспаяев А.А. Прочность наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов усиленных фиброармированными лентами сеток, MBRASE LAM CF 165/3000 100x1,4 мм при статическом нагружении [Текст] / А.А. Беспаяев **У.Б. Алтигенов** // «Международная научно-практическая конференция Новые строительные тренды в 21 веке», АО «КазНИИСА», Алматы, 2017, УДК 69.(063) с.36-37.

19. Беспаяев А.А., Алтигенов У.Б. Прочность изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных пластиками FibArm Lamel и FibArm Tare [Текст] / А.А. Беспаяев **У.Б. Алтигенов** // «Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций», Труды КазНИИСА, Алматы, 2016, вып. 24(34), с.105-116.

20. Беспаяев А.А. Восстановление эксплуатационной пригодности изгибаемых железобетонных конструкций предварительно напряжёнными фиброармированными пластиками [Текст]. / А.А. Беспаяев, У.С. Куралов, **У.Б. Алтигенов** Н.Г. Досаев // «Наука будущего»//Научно-технический журнал. Украина 2018, №2. - 52-58 с.

21. Беспаяев А.А. REPAIR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH COMPOSITE FIBROPLASTICS [Текст]. / А.А. Беспаяев, **У.Б. Алтигенов** Ж. Мухамеджанова // «INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING», Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова г. Шымкент 2019, №3(32). – С72-75.

По публикациям имеет 224 баллов

РЕЗЮМЕ

диссертации Алтигенова Улана Байтурсиновича на тему: «Прочность и жесткость изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных фиброармированными пластиками, при статических и динамических нагрузках» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

Ключевые слова: усиление, фиброармированные пластики, ламель, ламинат, изгибаемые железобетонные балки, прочность наклонных сечение балок, динамические повторные нагрузки, ширина раскрытия трещин, тензодатчики, сжатая зона бетона, растянутая зона бетона, прогибы балок.

Объект исследования: Фиброармированные полимерные пластики для усиление изгибаемых железобетонных конструкций.

Предмет исследования: Усиление железобетонных изгибаемых железобетонных конструкции усиленных фиброармированными пластиками.

Цель работы: Целью диссертационной работы является повышение эффективности усиления фиброармированными пластиками нормальных и наклонных сечений изгибаемых железобетонных конструкций.

Методы исследования: Для решения поставленной цели и задач проведены экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости нормальных и наклонных сечений изгибаемых железобетонных балок, усиленных лентами ламината (ламеля) при статических и динамических нагрузках.

Полученные результаты и их новизна: Получены сопоставительные данные по применению новых типов фиброармированных пластиков для усиления железобетонных конструкций. Получены экспериментальные исследование по величине учитываемой в расчетах предельных деформаций фиброармированных пластиков при различных типах нагрузок. Разработаны рекомендации позволяющие проектировать усиление нормальных и наклонных сечений железобетонных конструкций, применяемых в обычных и сейсмических районах.

Степень использования: полученные результаты данной научной работы были реализованы, для усиление железобетонных конструкций различных здания и сооружение

Имеются акты внедрения для Многофункционального жилого комплекса, расположенного по адресу г. Алматы, ул. Горная, 500/1, с рекомендациями по усилению железобетонных конструкций фиброармированными пластиками (АО «КазНИИСА», исх. 19.03.02/897 от 16.06.2016 г.).

Область применения: результаты научных исследований можно использовать для усиление железобетонных конструкции различных зданий и сооружении.

Алтигенов Улан Байтурсынович

**ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ
ФИБРОАРМИРОВАННЫМИ ПЛАСТИКАМИ, ПРИ
СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

Специальность 05.23.01 – Строительные конструкции,
здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Редактор: *А.Б.Аманкулова*

Подписано в печать 2021г.
Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.
Печать офсетная. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз. Заказ

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры