



ЖБК-2024
50 лет кафедре ЖБК КГАСУ



МИНИСТР РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ПОСКОРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ



ПИК



*Международная научная конференция «Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее» (ЖБК-2024)
КГАСУ, Казань, Россия, 12 – 15 ноября 2024*

12-15 НОЯБРЯ 2024



ЖБК-2024
50 лет кафедре ЖБК КГАСУ

ПИК



ЖБК-2024
50 лет кафедре ЖБК КГАСУ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее» (ЖБК-2024)
105 лет Казанской школе железобетона / 12 - 15 ноября 2024 года

*International Scientific Conference "Reinforced concrete and stone structures: present and future"(ZHBK-2024)
KSUAE, Kazan, Russia, November 12th – 15th, 2024*

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ



Казань, 2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Казанский государственный архитектурно-строительный университет»
(КГАСУ)**

**Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)
Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**«Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической
оценки соответствия в строительстве» (ФАУ «ФЦС»)**

**Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального
хозяйства Республики Татарстан
Академия наук Республики Татарстан**

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Международной научной конференции, посвященной 50-летию
кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» и 105-летию
Казанской школы железобетона
(12-15 ноября 2024 г., Казань, Россия)

Под редакцией доктора технических наук Мирсаяпова Илшата Талгатовича

Казань2024

УДК 624.012
ББК 38.53
С23

Сборник тезисов докладов Международной научной конференции «Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее» (ЖБК-2024)». — Казань: Издательство КГАСУ, 98с, 2024.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В сборнике тезисов Международной научной конференции «Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее (ЖБК-2024)» (12-15 ноября 2024 г., Казань, Россия) представлены тезисы докладов участников конференции, одобренные программным комитетом. Тезисы опубликованы в авторской редакции. Опубликованы тезисы 84 научных докладов более чем 140 авторов из более 60 организаций России, Азербайджана, Белоруссии, Узбекистана, Камбоджи. По традиции на страницах сборника представлены работы, как молодых, так и хорошо известных ученых, работающих в области научных исследований, расчета, проектирования, обследования и усиления железобетонных и каменных конструкций. Широкая тематика докладов и солидный состав участников позволяют говорить о конференции как об одном из значимых в нашей стране и за рубежом событий в сфере строительных наук. Мероприятие проводилось при поддержке Российской академии архитектуры и строительных наук, при поддержке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, «Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве», Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан, Академии наук Республики Татарстан.

УДК 624.012
ББК 38.53

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет
© Российская академия
архитектуры и строительных
наук
© авторы

Уважаемые коллеги!

Сегодня для успешного решения научно-прикладных задач, несомненно, полезен и ценен обмен мнениями представителей науки, бизнеса и власти.



Целью этого взаимодействия является выработка направлений и содержания, механизмов и рычагов эффективного развития, движения к новым успехам и достижениям в области теории и практики железобетона, каменных конструкций и компьютерного моделирования конструкций зданий и сооружений. Данные направления являются приоритетными как для российской строительной отрасли, так и для нашего вуза, который взял на себя ответственность стать площадкой для проведения международной конференции. Вот уже 95-ый год КГАСУ

осуществляет подготовку высококвалифицированных кадров для архитектурно-строительной и дорожно-транспортной отраслей региона, а также обеспечивает их научное сопровождение и конкурентоспособное развитие. На протяжении многих лет наш вуз является одним из ведущих в сфере строительного образования в нашей стране и за рубежом, принимая в свои стены не только российских, но и иностранных студентов. Сегодня КГАСУ – это мощный научно-образовательный центр с богатой историей и традициями на базе кампуса международного уровня. Основой кампуса являются научно-образовательные центры, где реализуется практико-ориентированное образование по лекалам строительного бизнеса на базе мощного научного потенциала этих центров, направленной на совершенствование технологий, материалов, конструктивных и градостроительных решений, дающих значительный экономический эффект. Концептуальная ревитализация существующих площадей, активное участие бизнеса в формировании лабораторно-экспериментальной базы, позволило создать в университете 23 научно-образовательных центра международного уровня практически по всем направлениям научно-инновационной деятельности: «Прочность», **BFFT.space**, «Системы», «Технологии», «Дороги», «Цифровые дороги», «15» и «Китап», «Цифра», «Urban», «Архитектор», «Дизайн», «ДАШКА», «Архфизика», «Наследие», «Механика», «Основы», «Безопасность», «Девелопмент», «Потоки», «Свет», «Форум», «Потоки».

Научная, теоретическая и практическая базы, высококвалифицированные кадры позволяют нашим студентам получать качественное образование с учетом современных новейших знаний в области строительства, а выпускники приобретают навыки в сфере проектирования, производства, возведения, эксплуатации, инвестирования и экономике, становясь востребованными специалистами на рынке труда не только в России. Секрет такого успешного развития университета — командный дух коллектива, научные школы, желание сделать реально полезное дело, высокие профессиональные компетенции и мастерство.

Успешное решение задач, поставленных Конференцией, будет способствовать развитию строительного комплекса страны и станет для участников источником ценного опыта и передовых знаний, что так необходимо нашей России в современных реалиях. Желаю вам успехов, увлекательной работы и эффективного взаимодействия!

С глубоким уважением,

*Председатель Организационного комитета Международной научной конференции
«Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее»,
ректор ФГБОУ ВО КГАСУ, доктор технических наук, профессор, академик АН РТ*

Низамов Рашит Курбангалиевич

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Рад приветствовать Вас и приглашаю принять участие в международной научной конференции «Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее», посвященной 50-летию кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» ФГБОУ ВО КГАСУ и 105-летию Казанской школы железобетона.



Конференция пройдет в городе Казань в период с 12 по 15 ноября 2024 года на базе Казанского государственного архитектурно-строительного университета – одного из ведущих российских строительных вузов.

Широкая тематика докладов и солидный состав участников позволяют говорить о конференции как об одном из значимых в нашей стране и за рубежом событий в сфере строительных наук. В рамках конференции пройдут открытые, содержательные дискуссии по широкому спектру научных направлений, среди которых железобетонные конструкции при различных видах внешнего воздействия; нелинейные модели материалов, конструкций зданий и сооружений при проектировании, оптимизации и реконструкции; каменные конструкции при различных видах внешнего воздействия; математические модели в механике разрушения бетона и железобетона; компьютерное моделирование железобетонных конструкций, зданий и сооружений; конструкции с полимерной композитной арматурой; сталежелезобетонные конструкции.

Мы будем рады видеть Вас осенью 2024 года в Казани. Оргкомитет Конференции приложит все усилия, чтобы она прошла насыщенно и успешно. Содержательные дискуссии и конструктивные диалоги в рамках Конференции и культурных мероприятий будут содействовать развитию научных направлений в области развития теории и практики железобетона и каменных конструкций, помогут в укреплении научных связей и международного сотрудничества, консолидации мирового профессионального сообщества, а результаты Конференции найдут свое воплощение на практике. Искренне желаю всем участникам и гостям предстоящей научной конференции полезных обсуждений и дебатов, новых встреч и деловых контактов, новых достижений, успехов, счастья и благополучия!

С глубоким уважением,
*Сопредседатель Организационного комитета
Международной научной конференции
«Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее»,
вице-президент Российской академии
архитектуры и строительных наук,
доктор технических наук, профессор, академик РААСН
Травуш Владимир Ильич*

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 691.32

ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК И ПОВЫШЕННЫХ ДО +300°C ТЕМПЕРАТУР

КАРПЕНКО Николай Иванович¹,

д.т.н., проф., академик РААСН, главный научный сотрудник (niisf_lab9@mail.ru);

КОРСУН Владимир Иванович¹,

д.т.н., проф., чл.-корр. РААСН, главный научный сотрудник (korsun_vi@mail.ru);

МОИСЕЕНКО Георгий Александрович¹,

к.т.н., научный сотрудник (gecklock@yandex.ru)

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

В практику расчета бетонных и железобетонных конструкций начинает входить диаграммный (деформационный) метод расчета. Данный метод позволяет наиболее точно учитывать физико-механические и реологические свойства применяемых материалов при различных режимах силового нагружения конструкций. Основу этого метода составляют диаграммы деформирования арматуры с нелинейным отрезком и нелинейные диаграммы деформирования бетона с восходящей и нисходящей ветвями. Для распространения диаграммного метода на расчет конструкций, подвернутых совместному действию силового нагружения и температурного воздействия, необходима существенная корректировка соответствующих диаграмм деформирования материалов. В предложенной статье рассматривается способ перехода от диаграмм деформирования бетона рядовой прочности при нормальной температуре к диаграммам деформирования бетона при совместных силовых и температурных воздействиях. Рассматривается характер изменения полных диаграмм деформирования бетона при растяжении и сжатии с учетом различных режимов нагрева до +300°C. При этом также изменяются исходные характеристики этих диаграмм. Полученные результаты представляют собой основу для развития методики расчета бетонных и железобетонных конструкций с применением нелинейной деформационной модели при совместном действии нагружения и различных режимов нагрева.

УДК 69.04

НЕЛИНЕЙНАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ. ЕЁ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИ РАСЧЁТЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

КРЫЛОВ Сергей Борисович

д.т.н., НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия,
niizhb_lab8@mail.ru

NONLINEAR DEFORMATION MODEL. ITS ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN CALCULATING THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

KRYLOV Sergey B.

Doctor of Technical Sciences, NIIZHB JSC "Research Center of Construction", Moscow, Russia,
niizhb_lab8@mail.ru

Метод расчёта прочности на основе предельных усилий, в настоящее время является допустимым, но не основным. В соответствии с действующим СП 63.13330 [1], основным является метод расчёта прочности железобетонных конструкций на основе нелинейной деформационной модели. Негласно подразумевается, что этот метод является теоретически точным, но в действительности, его теоретическая точность не доказана. В этой связи была предпринята попытка оценки точности обоих методов. Исследования проводились численно с использованием программного комплекса ATENA [2].

В ходе выполненного исследования было показано, что расчёт с применением нелинейной деформационной модели не является теоретически точным. Его точность практически совпадает с точностью расчёта по предельным усилиям. Для кратковременных нагрузок разница результатов, полученных обоими методами не превышает 2-3%. Но при этом такой метод расчёта требует от инженера навыков программирования и является чрезвычайно чувствительным к применяемым алгоритмам. Наибольшая погрешность по сравнению с истинной прочностью сечений оказалась одинаковой для обоих методов и была равна 21%.

Показано, что основной причиной недостаточной теоретической точности данного метода расчёта являются серьёзные нарушения закона плоских сечений в железобетонных балках и колоннах в предельном состоянии.

Список литературы / References

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. [SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. (In Russian)]
2. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. ATENA Program Documentation. Part 1. Theory. Prague, 2018, 324 p.

УДК 624.012.45

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ, РАЗВИТИЕ И РАСКРЫТИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

КОЛЧУНОВ Владимир Иванович

член-корреспондент РААСН, д.т.н., профессор, профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, vlik52@mail.ru

CRACK RESISTANCE, FORMATION AND OPENING OF MAIN CRACKS IN REINFORCED CONCRETE

KOLCHUNOV Vladimir I.

Corresponding Member RAACS, Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, vlik52@mail.ru

Для создания универсальной теории расчета железобетонных систем [1-2] предложена общая аналитическая модель их анализа (РМС) посредством расчленения системы на подконструкции в виде расчетных моделей сопротивления разных уровней (РМС1 – РМС7). В общей модели учитываются трещины разных типов: нормальные, наклонные и пространственные. Уровневые модели подконструкций базируются на следующих физических предпосылках – принципах: *принцип 1* - определение жесткости элементов с помощью единичных составных полосок в изотропной среде железобетонного элемента; *принцип 2* - введение специального двухконсольного элемента (ДКЭ) в местной области около берегов трещины, с профилем трещины в форме эллипса, построенного на энергетической основе с учетом установленного автором деформационного эффекта при раскрытии трещины; *принцип 3* – введение обобщенной гипотезы линейных, угловых, средних относительных деформаций в расчетных сечениях для определения градиентов деформаций и депланаций в трещине; *принцип 4* – обобщенной гипотезы Томаса-Автора согласно которой ширина раскрытия трещин, относительные взаимные деформации арматуры и бетона, профиль трещины и участки для их интегралов строятся на энергетической основе, объединяющей в себе деформационные параметры традиционной теории железобетона и механики разрушения.

Физическая природа установленных экспериментально явлений раскрытия трещин [1-2] и общие закономерности к конкретным видам бетона и арматуры. Теоретическое решение задач трещиностойкости, раскрытия и развития трещин в железобетоне может построено на основе четко структурированных и взаимосвязанных расчетных предпосылок, объединяющих традиционную механику железобетона и механику разрушения.

Список литературы / References

- 1.В.М. Бондаренко, Вл.И. Колчунов. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2004. 472 с.
- 2.А.Б. Гольшев, Вл.И. Колчунов. Сопротивление железобетона. – К.: Основа, 2009. 432 с.

УДК 691.175.743

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГЭС, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОДЫ

КОЗЛОВ Дмитрий Вячеславович

д.т.н., профессор Московского государственного строительного университета,
Москва, Россия, kozlovdv@mail.ru

РУБИН Олег Дмитриевич

д.т.н., профессор Московского государственного строительного университета,
Москва, Россия, rubinod@niies.ru

ЧЖАН ЦЗЮНЬ ХАО

аспирант Московского государственного строительного университета, Москва,
Россия, gs@mgsu.ru

RESTORATION OF THE BEARING CAPACITY OF LONG-TERM OPERATED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF HPP UNDER THE INFLUENCE OF WATER

KOZLOV Dmitrii V.

Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow,
Russia, kozlovdv@mail.ru

RUBIN Oleg D.

Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow,
Russia, kozlovdv@mail.ru

ZHANG JUNHAO

Graduate Student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Проведен анализ свойств и условий применения отечественных композитных материалов, выполнены лабораторные исследования, разработана и апробирована технология применения композитного материала для восстановления несущей способности железобетонных конструкций ГЭС, находящихся под длительным воздействием водного потока.

Список литературы / References

1. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Фролов К.Е. Результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций ГТС, имеющих межблочные строительные швы, усиленных внешним армированием из углеродного волокна // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 9. С. 1067–1079. [Results of experimental studies of reinforced concrete hydraulic structures with inter-block construction joints reinforced by external reinforcement from carbon fiber // Vestnik MSCU. - 2018. - Vol. 13 - V. 9. - Pages. 1067-1079].

ТЕОРИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой ЖБК, mirsayapovit@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

THEORY OF ENDURANCE OF REINFORCED CONCRETE

MIRSAYAPOV Ilshat T.

Doctor of Engineering, associate professor, Head of the DepartmentRCS,
mirsayapovit@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

В настоящее время нет теории выносливости, способной:

-дать обоснованные критерии предельного состояния железобетонных конструкций (ЖБК) при многократно повторяющихся нагрузках, что не обеспечивает необходимую эксплуатационную безопасность конструкций;

-учитывать режимы реального деформирования бетона и арматуры при многократно повторяющихся нагрузках и одновременное изменение напряженно-деформированного состояния (НДС), пределов выносливости бетона и арматуры, что приводит к их перерасходу.

В данном сообщении описываются экспериментально обоснованные расчетные модели усталостного сопротивления ЖБК при различных видах НДС. На их основе предлагаются научно обоснованные критерии 1-го предельного состояния ЖБК при многократно повторяющихся нагрузках.

Излагаются основные положения новой методики и методов расчета ЖБК на выносливость, отличающиеся от ранее существовавших тем, что учитывают одновременное изменение НДС элементов, прочностных и деформативных свойств и режимов деформирования бетона и арматуры в составе конструкций в процессе циклического нагружения, а также реальные формы усталостного разрушения ЖБК.

Список литературы

1. Мирсаяпов Ил.Т. Физические модели усталостного сопротивления железобетонных изгибаемых элементов действию поперечных сил/ Ил.Т.Мирсаяпов// Известия Известия КГАСУ. 2006. №1(5) С. 82-86.
2. Мирсаяпов Ил.Т. Предел выносливости анкеровки арматуры/ Ил.Т.Мирсаяпов// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. Москва. 2016, №1. С. 37-42.
3. Мирсаяпов Ил.Т. Физические модели усталостного сопротивления железобетонных изгибаемых элементов действию поперечных сил/ Ил.Т.Мирсаяпов// Известия ВУЗов: «Строительство». – Новосибирск. 2006, №8. - С. 4-13.

УДК 691.328.1

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

ЛЕОНОВИЧ Сергей Николаевич

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой “Строительные материалы и технология строительства” Белорусского национального технического университета, Минск, Белоруссия, leonovichsn@tut.by

КИМ Лев Владимирович

к.т.н., профессор Дальневосточного федерального университета, Владивосток, Россия, kimlv@mail.ru

DURABILITY OF REINFORCED STRUCTURES IN MARINE ENVIRONMENT

LEONOVICH Sergei N.

Doctor of Engineering, professor, Head of department “Building materials and construction technology”, Belorussia National Technical University, Minsk, Belorussia, leonovichsn@tut.by

KIM Lev V.

Candidate of Engineering, professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, kimlv@mail.ru

Механика долговечности в настоящее время объединяет три основные области исследований: кинетику мультифизической деградации, химиомеханические связи на мультимасштабных уровнях, профилактику, диагностику и прогноз на уровне конструкции. Долговечность бетона можно представить в виде функции, отражающей основные факторы влияния: качество проектирования, изготовления и укладки, эксплуатации железобетона.

Эксплуатация ЖБК прекращается при выполнении одного или нескольких критериев наступления предельного состояния, заданных в зависимости от класса ответственности сооружения и прочих классов (внешней среды, условий эксплуатации) [1]. Различным режимам эксплуатации соответствуют локальные зоны в конструктивных элементах с различными темпами накопления дефектов по различным сочетаниям механизмов коррозионной деградации. Определяющим процессом является конвективный и диффузионный массообмен, для изучения которого применен мультимасштабный мультифизический подход.

Список литературы / References

1. Долговечность портовых железобетонных конструкций (Дальний Восток и Сахалин) : монография / С.Н. Леонович, Е.Е. Шалый, Е.Н. Полонина [и др.].— Москва : ИНФРА-М, 2022. — 315 с. [Durability of port reinforced concrete structures (Far East and Sakhalin) : monography / S.N. Leonovich, E.E. Shaly, E.N. Polonina [et al.]. – Moscow, INFRA-M, 2022. 315 p. doi: 10.12737/1816638.

УДК 624.012.3/4

ПРОЧНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

МУХАМЕДИЕВ Тахир Абдурахманович

д.т.н., главный научный сотрудник лаборатории теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия, takhir50@rambler.ru

ЗЕНИН Сергей Алексеевич

к.т.н., заведующий лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия, lab01@mail.ru

РЕДИКУЛЬЦЕВ Евгений Александрович,

аспирант ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

STRENGTH OF INCLINED SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH VARIOUS CROSS-SECTION SHAPES

MUKHAMEDIYEV Takhir

D. Sci (Engineering), Chief Researcher of the Laboratory of the Theory of Reinforced Concrete and Structural Systems of NIIZH named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia takhir50@rambler.ru

ZENIN Sergey

Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of the Theory of Reinforced Concrete and Structural Systems of NIIZH named after A.A. Gvozdev NIIZH JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia lab01@mail.ru

REDIKULZEV Evgeniy

Postgraduate student of the Federal State Educational Institution of Higher Education «UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin», Ekaterinburg, Russia

В настоящее время при расчете прочности наклонных сечений железобетонных конструкций с формой поперечного сечения, отличной от прямоугольной, пользователи действующих норм СП 63.13330.2018 вынуждены прибегать к определенным упрощениям и условностям, приводящим к необоснованному перерасходу бетона. Для решения этой проблемы в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены исследования по разработке практического метода расчета прочности наклонных сечений на действие поперечных сил с учетом формы поперечного сечения. Сопоставление результатов расчета прочности наклонных сечений элементов, выполненных по предложенной методике, с опытными данными показало приемлемую сходимость [1]. В целом предложенная методика расчета по показателям точности и надежности сопоставима с принятой в СП 63.13330.2018 методикой расчета прочности наклонных сечений элементов прямоугольного сечения [2] и может быть использована для практических расчетов.

Список литературы / References

1. Мухамедиев Т.А., Зенин С.А. О расчете прочности наклонных сечений железобетонных элементов с различной формой поперечного сечения // Строительные материалы. 2022. № 8. С. 70–74. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-805-8-70-74>

2. Мухамедиев Т.А., Зенин С.А., Жарких А.С. Оценка надежности метода расчета прочности наклонных сечений железобетонных элементов с различной формой поперечного сечения. Вестник НИЦ «Строительство». 2022;33(2):139–149. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-139-149](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-139-149)

УДК 624.012.35

ВЫНОСЛИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ

МИРСАЯПОВ Илизар Талгатович

Заведующий кафедрой Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapov1@mail.ru

ENDURANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES UNDER NONLINEAR DEFORMATION OF CONCRETE AND REINFORCEMENT

MIRSAYAPOV Iizar T.

Head of department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ivanov@mail.ru

При действии циклических нагрузок одновременно происходит изменение прочностных и деформационных характеристик бетона и арматуры и условий их деформирования вследствие изменения напряженно-деформированного состояния.

Причины изменения напряжённо-деформированного состояния является проявление деформации циклической ползучести бетона и арматуры в связных условиях [1-3].

Для оценки выносливости железобетонных конструкций при таких условиях предлагается деформационная модель расчёта.

Изменения прочностных и деформационных характеристик бетона и арматуры, а также условий их деформирования в составе железобетонной конструкции при постоянных параметрах внешней циклической нагрузки учитывается трансформированием исходных диаграмм деформирования.

Трансформированные диаграммы получаются на основе исходных диаграмм деформирования для статического нагружения путем изменения основных параметрических точек.

Список литературы / References

1. Мирсаяпов Илизар Т., Гарифуллин Д. И. Метод расчета железобетонных изгибаемых элементов на выносливость по предельным усилиям. // Известия КГАСУ. 2021. № 3 (57). С. 23–31. DOI: 10.52409/20731523_2021_3_23
2. Мирсаяпов Илизар Т., Гарифуллин Д. Р. Оценка выносливости нормальных сечений железобетонных изгибаемых элементов методом предельных напряжений // Известия КГАСУ. 2021. № 1 (55). С. 13–23. DOI: 10.52409/20731523_2021_1_13.
3. Мирсаяпов Илизар Т., Гарифуллин Д.Р. Уравнения выносливости арматуры изгибаемого железобетонного элемента при режимном многократно повторяющемся нагружении // Известия КГАСУ. 2020. №1(51) С.93-100.

АРМАТУРА ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ

ТИХОНОВ ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ

д.т.н., рук. Центра № 21 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, профессор кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы», Москва, Россия, tikhonovniizhb21@yandex.ru;

ТИХОНОВ ГЕОРГИЙ ИГОРЕВИЧ

зам. руководителя Центра № 21 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва, Россия, dwarwe1993@mail.ru.

REINFORCEMENT FOR REINFORCED CONCRETE – PROSPECTS FOR PRODUCTION AND APPLICATION

TIKHONOV IGOR NIKOLAEVICH

Doctor of Technical Sciences, Head of the Center No. 21 of the A.A. Gvozdev Research Institute, Professor of the Department of "Building Structures, Structures and Materials", Moscow, Russia, tikhonovniizhb21@yandex.ru

TIKHONOV GEORGY IGOREVICH

Deputy Head of the Center No. 21 of the A.A. Gvozdev Institute of Higher Education, Moscow, Russia, dwarwe1993@mail.ru.

Металлическая арматура – одна из двух основных материальных составляющих железобетона, является самым массовым прокатным продуктом, выпускаемым металлургической промышленностью [1]. Разрабатываемые и внедряемые в массовое производство железобетона современные инновационные виды арматурного проката обеспечивают не только высокую экономическую эффективность железобетонных конструкций, но также значительно повышают безопасность использования железобетона при различных видах силового воздействия [2]. Последние отечественные разработки арматуры классов А500СП, А_у500СП и А_в500П с многорядным периодическим профилем прошли экспериментальную и производственную оценку в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО ВНИИЖБ и других ведущих НИЦ России, Казахстана, Киргизии, Монголии. Высокие показатели сцепления с бетоном новых видов арматурного проката в эксплуатационной и в предельной стадии деформирования арматуры позволят обеспечить снижение расхода арматуры в железобетоне на 10-30%, и повышенную надёжность нахлесточных и анкерующих участков стержней, обуславливающих живучесть и безопасность массового строительства из железобетона при сейсмических воздействиях. Универсальность и эффективность применения новой винтовой четырёхрядной арматуры в обычном и предварительно напряжённом железобетоне классов А_в500П и А_в1000П, её экспериментально подтверждённые преимущества относительно широко применяемой за рубежом двухрядной винтовой арматуры GEWI-Stahl, позволят обеспечить её импортозамещение в России, а также высокую конкурентность отечественного арматурного проката на мировом строительном рынке.

Список литературы / References

1. Тихонов И.Н., Копылов И.В. Эффективность производства и применения арматурного проката с новыми видами периодического профиля // Строительные материалы. – 2021. – № 12. – С. 35-47.
2. Тихонов И.Н., Звездов А.И., Кузеванов Д.В., Тихонов Г.И. К оценке сейсмостойкости арматуры и её механических соединений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2024. – № 2. – С. 29-54.

УДК 624.078.414

ПРОЧНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПЕТЛЕВЫМИ СТЫКАМИ

МАМИН Александр Николаевич,

д.т.н., профессор, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», нач. отдела ОЗС №1 АО «ЦНИИПромзданий»;

АВДЕЕВ Кирилл Владимирович, главный инженер института АО «ЦНИИПромзданий»

КВАСНИКОВ Александр Анатольевич, к.т.н., доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», начальник Центра научно-технического обеспечения №23, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева,

БАММАТОВ Арслан Асельдерович АО «Северсталь Менеджмент», ведущий эксперт направления перспективный инжиниринг

STRENGTH OF BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH LOOP JOINTS

MAMIN Alexander Nikolaevich,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of the FGBOU VO «NIU MGSU», Head of №1 OZS Department JSC «CNIIPromstrozdaniye»

AVDEEV Kirill Vladimirovich, Chief Engineer of the Institute of JSC «CNIIPromstrozdaniye»

KVASNIKOV Alexander Anatolyevich, Ph.D., Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, FGBOU VO «NIU MGSU», Head of the Center for Scientific and Technical Support No.23, A.A. Gvozdev Research Institute,

БАММАТОВ Арслан Асельдерович, JSC «Severstal Management», leading expert in the field of advanced engineering

Применение петлевых стыков несущей арматуры без дополнительного армирования бетонного ядра сопряжения заметно повышает технологичность монтажа монолитных железобетонных конструкций при применении пространственных арматурных каркасов заводского изготовления за счет значительного снижения трудоемкости. Комплексное определение напряженно-деформированного состояния отдельного стыка наиболее эффективно методом конечных элементов, однако необходимая для этого частота разбивки практически неосуществима при моделировании здания в целом. Разработанные и экспериментально подтвержденные аналитические методы расчета железобетонных элементов с петлевыми стыками позволяют учитывать особенности их сопротивления внутренним усилиям с учетом возможных специфических для таких сопряжений механизмов разрушения. В рамках исследования петлевых стыков арматуры были выявлены основные механизмы возможного разрушения, по каждому сформулированы требования к расчетам: *разрушение бетона ядра стыка, местное повреждение бетона от смятия, потеря сцепления между арматурой и бетоном.* Для каждой формы разрушения разработаны расчетные зависимости, учитывающие особенности напряженно-деформированного состояния элементов с петлевыми стыками. Расчетная модель, основанная на каркасно-стержневом подходе, позволяет определять усилия в арматуре и бетонном ядре стыка, а также прогнозировать возможные формы разрушения при различных режимах нагружения.

ИССЛЕДОВАНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ, УСИЛЕННОЙ ИНЪЕКЦИЕЙ РАСТВОРА В СОЧЕТАНИИ С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

ИЩУК Михаил Карпович,

доктор технических наук, заведующий лабораторией, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
АО «НИЦ «Строительство», Москва, Российская Федерация, e-mail: kamkon@yandex.ru

ИЩУК Евгений Михайлович,

заведующий группой, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»,
Москва, Российская Федерация, e-mail: ruskon@inbox.ru

RESEARCH OF BRICKWORK REINFORCED BY INJECTION OF MORTAR IN COMBINATION WITH INDIRECT REINFORCEMENT

ISHCHUK Mikhail Karpovich, Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory,
TSNIISK named after V.A. Kucherenko, Research Center "Construction", Moscow, Russian
Federation, e-mail: kamkon@yandex.ru, e-mail: kamkon@yandex.ru

ISHCHUK Evgeny Mikhailovich, Head of Group, TSNIISK named after V.A.
Kucherenko, Research Center "Construction", Moscow, Russian Federation, e-mail:
ruskon@inbox.ru

Объектом исследования являются столбы и стены из кирпичной кладки, усиленные инъекцией раствора под давлением в сочетании с косвенным армированием, выполняемым из стальных шпилек, устанавливаемым в пробуренные в кладке отверстия.

Цель. Оценка эффективности усиления кирпичной кладки, в том числе с трещинами, инъекцией раствора с одновременной установкой косвенного армирования.

Материалы и методы. Образцы выполнялись из полнотелого керамического кирпича в виде столбов. Исследовалась кладка, усиленная инъекцией раствора под давлением в сочетании с косвенным армированием. На первом этапе испытывались на сжатие образцы из неусиленной кладки. После потери несущей способности образцы с трещинами усиливались инъекцией раствора с одновременной установкой в пробуренные в кладке отверстия стальных преднапрягаемых шпилек. На втором этапе испытывались усиленные образцы. Часть образцов испытывалась с усилением только инъекцией раствора и часть с усилением только косвенным армированием.

Результаты. Получены коэффициенты увеличения прочности усиленной кладки и коэффициенты условий работы косвенного армирования при различных эксцентриситетах приложения нагрузки.

УДК 693.5: 624.073.5

ИННОВАЦИОННАЯ НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБОЧНАЯ СИСТЕМА (для сталежелезобетонных ребристых конструкций)

АНПИЛОВ Сергей Михайлович

д.т.н., доцент, советник РААСН, профессор кафедры ЖБК Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), Новосибирск, Россия, anpilovsm@yandex.ru

INNOVATIVE NON-REMOVABLE FORMWORK SYSTEM (for steel-reinforced concrete structures)

ANPILOV Sergey M.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Adviser to the RAASN, Professor of the Department of Housing and Communal Services of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, anpilovsm@yandex.ru

Подтвержден высокий коэффициент полезного действия в достижении целей по инновационной деятельности, по результатам авторских теоретических, экспериментальных научных исследований и практического комплексного подхода по их внедрению в реальный сектор экономики. Показано широкое применение технологий «сухого метода строительства» и готовых изделий из ЛСТК, изготавливаемых в Самарской области на инновационном высокотехнологичном промышленном Производстве. Инновационные технологии позволили вести круглогодично строительные работы, максимально применять строительные материалы местного производства, в комплексе со сталежелезобетонными конструкциями и несъемной опалубкой из ЛСТК, заполненной монолитными легкими конструкционными бетонами промышленного производства. Приведены примеры реализованных объектов капитального строительства во многих регионах России, которые наглядно, убедительно доказывают перспективы географии внедрения быстровозводимых, конкурентных объектов из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) заводского изготовления.

Список литературы / References

1. Анпилов С.М. Опыт практической реализации инновационных строительных материалов и изделий / С. М. Анпилов, В. Т. Ерофеев, В. И. Римшин [и др.] // Строительные материалы. – 2024. – № 8. – С. 31-39. – DOI 10.31659/0585-430X-2024-827-8-31-39. – EDN DDPCZE.

2. Анпилов С.М. Инновационные технологии строительства быстровозводимых зданий и сооружений / С. М. Анпилов, В. Т. Ерофеев, В. И. Римшин [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2024. – № 8. – С. 5-13. – DOI 10.33622/0869-7019.2024.08.05-13. – EDN CXDPSN.

3. Патент № 2795798 С1 Российская Федерация, МПК G01N 25/50. Способ определения огнестойкости монолитной сталежелезобетонной плиты перекрытия здания : № 2022118246 : заявл. 04.07.2022 : опубл. 11.05.2023 / С. М. Анпилов, Н. А. Ильин, О. Б. Керженцев [и др.].

4. Патент № 2586367 С1 Российская Федерация, МПК B21D 13/00. Автоматическая линия для изготовления профиля : № 2015104515/02 : заявл. 10.02.2015 : опубл. 10.06.2016 / С. М. Анпилов, М. С. Анпилов. – EDN SKFIJL.

УДК 624.012

СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ, НОВЫЕ МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

ТАМРАЗЯН Ашот Георгиевич

д.т.н., профессор МГУ, Москва, Россия, tamrazian@mail.ru

ЗАМАЛИЕВ Фарит Сахапович

к.т.н., доцент КГАСУ, Казань, Россия, zamaliiev49@mail.ru

STEEL-CONCRETE COMPOSITE OVERLAPS, NEW METHODS OF THEIR CALCULATION

TAMRAZYAN Ashot G.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University, Moscow, Russia

ZAMALIEV Farit S.

Candidate of technical sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, zamaliiev49@mail.ru

Проектирование сталежелезобетонных перекрытий в нашей стране сегодня ведется по СП 266.1325800.2016. При этом расчетные модели основаны на диаграммах напряжений нормального сечения треугольного и прямоугольного очертания, что приводит к искаженным результатам расчетов от фактической несущей способности. Многочисленные испытания показывают [2,3], что в нормальном сечении изгибаемого элемента возникают напряжения криволинейного очертания. В докладе предлагается расчет прочности сталежелезобетонных элементов вести на основе диаграмм напряжений, приближенных к фактическому напряженно – деформированному состоянию сечений. Приведены аналитические зависимости оценки прочности сталежелезобетонных перекрытий на основе диаграмм напряжений близких к фактическому напряженно – деформированному состоянию сечений: трапециевидных диаграмм, основанных на предельных относительных деформациях сжатия бетона и криволинейных диаграмм бетона сжатой зоны изгибаемого элемента. Приведены также формулы определения расчетной ширины полки таврового сечения перекрытия. Даны аналитические зависимости напряженно деформированного состояния контакта верхнего пояса стальной балки и бетонной плиты. На контакте возникает усилие сдвига, что приводит к сложному напряженно-деформированному состоянию бетона и анкерного стержня. Приведены зависимости для определения напряжений в бетоне и анкерном стержне, рассмотрены изгиб и изгиб с растяжением анкерного стержня.

Список литературы/References

1. Тамразян А.Г. Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2011. № 2–1. С. 21–27.
2. Замалиев, Ф.С. Эксперименты на сталежелезобетонных конструкциях по выявлению напряженно – деформированного состояния, вплоть до их разрушения. Механика разрушения строительных материалов и конструкций: материалы Международной научно – технической конференции (VIII Академические чтения РААСН). – Казань, 2014. – С.88-96.
3. Замалиев Ф.С., Тамразян А.Г. Оценка несущей способности сталебетонных балок на основе гнутых профилей. Вестник МГСУ. Том 18. №8. 2023.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., заведующий кафедрой Железобетонные и каменные конструкции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapovit@mail.ru

АНТАКОВ Алексей Борисович

к.т.н., доцент кафедры Железобетонные и каменные конструкции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, antakof@mail.ru

DEVELOPMENT PROSPECTS OF STONE AND REINFORCED STONE STRUCTURES CALCULATION METHODS

MIRSAYAPOV Ilshat.T.

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, mirsayapovit@mail.ru

ANTAKOV Alexei B.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, antakof@mail.ru

На современном этапе развития строительной науки широко внедряются в практику проектирования диаграммные методы, позволяющие оценить напряженно-деформированное состояние конструкций в широком диапазоне величин нагрузок. В СП15.13330.2020 внесено Приложение Е, содержащее указания по получению расчетных диаграмм деформирования для каменных и армокаменных центрально нагруженных столбов. Подготовлено Приложение А для СП427.1325800.2018 с указаниями по расчету каменных конструкций, усиленных стальными, железобетонными и композитными обоями с применением диаграммного метода. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка моделей и верификация методик расчета с использованием диаграмм деформирования внецентренно сжатых конструкций, элементов с местным действием нагрузок (смятие) или воспринимающих поперечные усилия (срез), стен и арочных перемычек. Это позволит расширить область расчетных случаев, когда математический анализ выполняется с использованием большего количества компонентов физико-механических свойств материалов.

УДК 69.059.3

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАМЕННЫХ СВОДЧАТЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapovit@mail.ru.

ХОРЬКОВ Евгений Владимирович

старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, evg-ne@mail.ru

**RESTORATION OF DAMAGED MASONRY VAULTS IN HISTORIC BUILDINGS
MIRSAPOV Ilshat T.**

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapovit@mail.ru.

KHORKOV Evgeny V.

Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, evg-ne@mail.ru

В кирпичных зданиях старой постройки в качестве конструкций перекрытий часто встречаются каменные сводчатые перекрытия, которые находятся в эксплуатации достаточно продолжительное время, в связи с этим в них отмечаются различные дефекты и повреждения. Работы по усилению каменных сводчатых перекрытий, с целью сохранения их несущей способности для дальнейшей эксплуатации, ставят ряд конструктивных и технологических задач требующих определенного подхода к их решению. Авторами проведены исследования [1] не усиленных и усиленных каменных сводчатых перекрытий, в которые входили численные и физические эксперименты. Исследованию в данном направлении предшествовал обзор литературы выпущенных с XIX до начала XX веков в России посвященных расчету и технологии возведения каменных сводов, что позволило определить конструктивные схемы и особенности каменных сводчатых перекрытий зданий постройки до начала XX века на территории России. Разработаны собственные конструктивные мероприятия [2, 3] по усилению каменных сводчатых перекрытий, основанных на внедрении композитных жгутов в тело кладки, расположенных в оптимальных зонах свода и тем самым позволяющих повысить эффективность и безопасность работ.

Список литературы / References

1. Хорьков Е.В., Мирсаяпов И.Т. Конструктивные особенности восстановления работоспособности каменных сводчатых перекрытий зданий // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 4. № 4. С. 104-117. [Khorkov E.V., Mirsayapov I.T. Restoration of damaged masonry vaults in historic buildings // GBK. 2023. С. 4. № 4. Pp. 104-117.]

2. Устройство усиления каменных сводчатых перекрытий здания : Рос. Федерация. № 2016117337 ; заявл. 04.05.16 ; опубл. 06.03.17, Бюл. № 7. [The device of strengthening masonry vault of a building : of the Rus. Federation. № 2016117337 ; decl. 04.05.16 ; publ. 06.03.17,

3. Устройство усиления каменных сводчатых перекрытий здания : Рос. Федерация. № 2017101735 ; заявл. 19.01.17 ; опубл. 21.06.17, Бюл. № 18. [The device of strengthening masonry vault of a building : of the Rus. Federation. № 2017101735 ; decl. 19.01.17 ; publ. 21.06.17, Bull. in № 18.]

СЕКЦИЯ «ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»

УДК 624.075.235

УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ КОСОМ ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ

КОЛЧУНОВ Виталий Иванович

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, asiorel@mail.ru

ФЕДОРОВА Наталия Витальевна

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, fedorovanv@mgsu.ru

САВИН Сергей Юрьевич

к.т.н., доцент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, suwin@yandex.ru

АМЕЛИНА Маргарита Андреевна

аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, margo.dremova@mail.ru

STABILITY OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS EXPERIENCING BIAxIAL ECCENTRIC COMPRESSION IN AN ACCIDENTAL DESIGN SITUATION

KOLCHUNOV Vitaly I.

Doctor of Engineering, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, asiorel@mail.ru

FEDOROVA Natalia V.

Doctor of Engineering, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, fedorovanv@mgsu.ru

SAVIN Sergei Y.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, suwin@yandex.ru

AMELINA Margarita A.

Graduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Исследуется устойчивость железобетонных элементов, подверженных косому внецентренному сжатию при их динамическом нагружении в особой расчетной ситуации. В качестве особой расчетной ситуации рассматривается консервативный сценарий внезапного локального отказа одного из несущих элементов каркаса здания, при котором поврежденная несущая система получает динамическое догружение элементов в ограниченной зоне, называемой зоной возможного локального разрушения. Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов, подверженных косому

внецентренному сжатию, оценивается по предлагаемой в работе методике, использующей блочную модель, включающую линейно упругие элементы-блоки, объединенные в узлах нелинейно упругоподатливыми связями, моделирующими дополнительные повороты и смещения между элементами-блоками при трещинообразовании. Размеры блоков устанавливаются согласно модели уровневое расстояние между трещинами, предложенной в работах Вл.И. Колчунова, с учетом минимального расстояния между трещинами на уровнях нагружения, предшествующих достижению предельного состояния несущей способности для рассматриваемого конструктивного элемента. Жесткость нелинейно упругоподатливых связей определяется с учетом комбинированного действия усилий, наличия эффекта нарушения сплошности бетона и взаимных относительных смещений арматуры и бетона в пределах блока. В качестве критерия разделения случаев разрушения элементов по материалу и от потери устойчивости принято соотношение изгибающих моментов от продольного и от поперечного изгиба, рассмотренный в работах Бажанта. И в том, и в другом случае оценка разрушения конструктивного элемента в данной работе выполняется с использованием энергетического критерия, предполагающего равенство нулю приращения энергии деформации. Работа элемента после превышения данного критерия возможна лишь при избыточной жесткости каркаса здания в зоне возможного локального разрушения. Рассмотрены примеры расчета по предложенной методике опытных железобетонных рам, испытанных на внезапный отказ одного из несущих элементов. Выполнен анализ механизмов разрушения по материалу и от потери устойчивости элементов конструкций рам. Обсуждены границы механизмов разрушения по материалу и от потери устойчивости в особой расчетной ситуации в зависимости от сценариев повреждения конструктивной системы здания.

УДК 624.046.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

ТРЕКИН Н.Н.,

НИУ МГСУ, д.т.н., профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»

КОДЫШ Э.Н. АО «ЦНИИПромзданий», главный научный сотрудник

IMPROVEMENT OF THE METHOD CALCULATION BY LIMIT STATES

TREKIN N.N. NRU MGSU, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Reinforced concrete and Masonry Structures,

KODYSH E.N. JSC «TSNIIPromzdany», Chief Scientific Officer

Расчет строительных конструкций основывается на методе предельных состояний. В последнее время все чаще проектная практика сталкивается с необходимостью учета экстремальных ситуаций, при которых возникает необходимость выведения конструкций за рамки критериев двух групп предельных состояний. Это как правило динамические воздействия при взрывах, ударах технологического оборудования и движущегося транспорта, падении грузов и т.п. Учет стадии работы конструкций за пределами действующих критериев предельных состояний уже много лет используется в расчетах на сейсмическое воздействие. Для зданий повышенного уровня ответственности учет аварийных расчетных ситуаций производится в обязательном порядке в виде рассмотрения различных сценариев отказа несущих элементов и анализа сопротивления несущей системы прогрессирующему обрушению. Соблюдение требований приводит к значительному увеличению расхода материалов. В связи с этим очевидна необходимость введения дополнительной группы предельных состояний, суть которых заключается в обеспечении живучести здания или сооружения до превращения всей несущей системы или ее части в механизм. В этих случаях в конструкциях допускаются значительные остаточные деформации и частичное разрушение сечений. Особую актуальность и эффективность введения особого предельного состояния имеет при расчетном анализе сопротивления несущей строительной системы прогрессирующему обрушению. Рассматривая конструктивную систему в целом, можно отметить, что надежность или безопасность ее эксплуатации неразрывно связана с элементами этой системы, которые и обеспечивают вкуче прочность, пространственную устойчивость и проектный срок эксплуатации. Значимость каждого несущего элемента в системе здания очевидно по обеспечению общей механической безопасности оценивается по-разному.

Одним из важных аспектов повышения механической безопасности зданий является введение категорий ответственности несущих элементов. Это связано в первую очередь к определению в несущей системе так называемых ключевых элементов, требования к которым должны быть повышенными, как по показателям несущей способности, так в степени пространственного взаимодействия в несущей системе. При этом может быть достигнуто рациональное распределение материалов, и разработка конструктивных систем более устойчивых к прогрессирующему обрушению.

УДК 624.072.1

ЖИВУЧЕСТЬ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ

ФЕДОРОВА Наталия Витальевна

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, fedorovanv@mgsu.ru

КОЛЧУНОВ Виталий Иванович

д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, asiorel@mail.ru

САВИН Сергей Юрьевич

к.т.н., доцент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, suwin@yandex.ru

КАЙДАС Павел Анатольевич

аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, pavelkds@yandex.ru

ROBUSTNESS OF PRECAST-MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FRAMES IN AN ACCIDENTAL DESIGN SITUATION

FEDOROVA Natalia V. Doctor of Engineering, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, fedorovanv@mgsu.ru

KOLCHUNOV Vitaly I. Doctor of Engineering, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, asiorel@mail.ru

SAVIN Sergei Y. Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, suwin@yandex.ru

KAYDAS Pavel A. Graduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, pavelkds@yandex.ru

Исследуется параметр живучести сборно-монолитных каркасов зданий из промышленных рамно-панельных элементов в особой расчетной ситуации, вызванной внезапным отказом одного из несущих элементов. В соответствии с требованиями действующих норм предполагается, что живучесть конструктивной системы здания исчерпана при появлении вторичных разрушений в зоне возможного локального разрушения после начального локального отказа одного из несущих элементов. В качестве критериев разрушения использованы предельные значения относительных деформаций бетона и арматуры в составном элементе ригеля и шве контакта между элементами при статико-динамическом режиме нагружения. Отклик конструктивных элементов поврежденного каркаса здания в зоне возможного локального разрушения при таком нагружении оценивается на энергетической основе с использованием полных диаграмм деформирования, полученных по результатам моделирования методом конечных элементов в сочетании с вариационным методом, позволяющим учесть влияние податливости шва контакта между бетонами сборной и монолитной частей сечения ригелей на деформированное состояние. Результаты моделирования сопоставляются с экспериментальными данными, полученными для опытных конструкций сборно-монолитных панельно-рамных конструктивных систем зданий. Выполнен анализ влияния относительного значения эксплуатационной статической нагрузки на деформирование каркаса здания в особой расчетной ситуации для конструктивных систем с монолитными и сборно-монолитными элементами. Продемонстрировано влияние жесткости шва контакта до и после образования трещин на деформирование и диссипацию энергии воздействия в элементах железобетонных каркасов зданий в особой расчетной ситуации.

УДК 614.849

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ БЕТОННЫХ БЛОКОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ

ФЕДОСОВ Сергей Викторович

д.т.н., профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства» ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, академик РААСН, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, Почётный строитель России, г. Москва, FedosovSV@mgsu.ru

ЛАЗАРЕВ Александр Александрович

к.т.н., к.п.н., нач. кафедры правового обеспечения надзорной деятельности Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, г. Иваново Россия, kpond@edufire37.ru

METHOD OF TESTING SPECIAL CONCRETE BLOCKS FOR FIRE DETECTION FEDOSOV Sergey V.

Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, FedosovSV@mgsu.ru

LAZAREV Alexander A.

associate professor, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo, Russia, kpond@edufire37.ru

Для проведения испытаний создается тестовый очаг пожара. Цель испытания заключается в определении времени срабатывания термочувствительной части специального бетонного блока на различных расстояниях. Процесс испытаний предполагает поджигание очага открытым пламенем, использование секундомера, завершение испытания при достижении 600 с или при выдаче сигнала «Пожар». Проведение испытаний предполагает выполнение определенных условий.

Список литературы / References

1. Федосов С.В., Голованов В.И., Лазарев А.А., Торопова М.В., Маличенко В.Г. О проблеме совершенствования строительных изделий, обеспечивающих пожарную безопасность малоэтажных зданий // Строительные материалы. 2021. № 3. С. 57-63. [Fedosov S.V., Golovanov V.I., Lazarev A.A., Toropova M.V., Malichenko V.G. On the problem of improving construction products that ensure fire safety of low-rise buildings // Building materials. 2021. No. 3. Pp. 57-63.]
2. Fedosov S., Vatin N., Lazarev A., Malichenko V., Toropova M. (2020) The Fire-Resistant Construction for Building Safety. In: Anatolijs B., Nikolai V., Vitalii S. (eds) Proceedings of EECCE 2019. EECCE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 70. Springer, Cham P. 319-327. doi: 10.1007/978-3-030-42351-3_28

УДК 691.328.4

АРМИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

МЕРКУЛОВ Сергей Иванович

д.т.н., профессор Курского государственного университета, Курск, Россия,
mersi.dom@yandex.ru

ЕСИПОВ Станислав Максимович

К.т.н., доцент Белгородского государственного технологического университета им.
В.Г. Шухова, Белгород, Россия, bgtu@esipov-sm.ru

REINFORCEMENT OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

MERKULOV Sergey I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of Kursk State University, Kursk, Russia,
mersi.dom@yandex.ru

ESIPOV Stanislav M.

Ph.D., Associate Professor, Belgorod State Technological University named after V.G.
Shukhov, Belgorod, Russia, bgtu@esipov-sm.ru

Применение композитной арматуры обеспечивает долговечность железобетонных конструкций. В Курском государственном университете и БГТУ им. В.Г.Шухова выполнены комплексные исследования бетонных и железобетонных конструкций со стержневой композитной арматурой и конструкций с внешним армированием композитным материалом [1-3]. Сформулированы предложения по нормированию прочностных характеристик стержневой стекло- и базальтокомпозитной стержневой арматуры. Разработана конструкция изгибаемого элемента, прочность наклонных сечений которого обеспечена отгибом части продольных стержней на приопорных участках. Композитные материалы широко применяются при усилении эксплуатируемых железобетонных конструкций. Применение внешнего армирования позволяет повысить несущую способность изгибаемой конструкции до 1,6 раз.

Список литературы / References

1. Merkulov S.I., Akimov E.K. Complex application of rod composite reinforcement in bendable concrete elements//Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Т. 182. С. 269-273.
2. Есипов С.М., Меркулов С.И. Усиление железобетонных элементов внешним армированием. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 178с.[Esipov S.M., Merkulov S.I. Reinforcement of reinforced concrete elements by external reinforcement. Belgorod: Publishing House of BSTU, 2023. – 178s.]

УДК 539.42, 539.375.5, 69.058.8

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ТРЕЩЕВ Александр Анатольевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия,
taa58@yandex.ru

ТЕЛИЧКО Виктор Григорьевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия,
katranv@yandex.ru

АНДРОНОВ Антон Максимович

аспирант кафедры ССМиК Тульского государственного университета, Тула, Россия,
double.a98@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE REINFORCED CONCRETE FRAME OF A BUILDING UNDER EXPLOSIVE CONDITIONS

ANDRONOV Anton M.

Graduate Student, Tula State University, Tula, Russia, double.a98@yandex.ru

TRESHCHEV Alexandr A.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia,
taa58@yandex.ru

Telichko Victor G.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia,
katranv@yandex.ru

Проблема защиты существующих и вновь возводимых сооружений от аварийных взрывных воздействий и следствий в виде лавинообразного разрушения становится всё более актуальной. В связи с этим для инженеров важно исследовать вопрос о том, как определить параметры напряжённо-деформированного состояния при кратковременном динамическом воздействии и повысить сопротивляемость к прогрессирующему разрушению. Здесь рассмотрены основные параметры модели Karagozian & Case Concrete [1] для высокоскоростного деформирования бетона. Выполнен расчёт железобетонного каркаса здания на прогрессирующее разрушение в четырёх различных постановках. По результатам были определены предельно допустимые нагрузки, максимальные перемещения в элементах каркаса и максимальные напряжения в арматуре.

Список литературы / References

1. Журавлев Г.М. и др. Динамическое разрушение железобетонных композиционных конструкций. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 180 с.

УДК: 624.074.04.042.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИЙНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ.

РАЗЗАКОВ Сайидмахсуд Рахмонович

Руководитель, Научно-производственного объединения «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», Жамбай, Узбекистан. Профессор Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета г. Самарканд, Узбекистан. npl-spk@list.ru.

MODELING THE STAGES OF CONSTRUCTION, OPERATION AND STRUCTURAL SAFETY OF LONG-SPAN UNIQUE BUILDINGS.

RAZZOKOV Sayidmakhsud Rakhmonovich Supervisor, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. Professor at Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering, Samarkand, Uzbekistan, npl-spk@list.ru.

В работе предложен обеспечение конструктивной безопасности большепролетных уникальных зданий [1], при длительных эксплуатационных [2], и сейсмических воздействиях различной интенсивности, ведение пространственных элементов жесткости, включение которых способствует выходу из резонансного состояния пространственной системы. [3].

Полученные результаты для строительной отрасли служат в обеспечение конструктивной безопасности большепролетных уникальных зданий, стадиях строительства и эксплуатации, расширяется область применения эффективных видов пространственных оболочечных конструкций в регионах сложных природно-климатических условиях.

Список литературы / References

1. Еремеев П.Г. Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных зданий и сооружений. - М.: Издательство АСВ, 2009. -336 с. [Eremeev P.G. Modern steel structures of long-span coverings of unique buildings and structures. - M.: ASV Publishing House, 2009. -336 p.]
2. Шугаев В.В. Инженерные методы в нелинейное. теории предельного равновесия оболочек. М.: Готика, 2001. - 368 с. [Shugaev V.V. Engineering methods in the nonlinear. theory of limit equilibrium of shells. M.: Gothika, 2001. - 368 p.]
3. Razzakov S.R., Razzakov KH.S., Razzokov J.S. Limit state of steel reinforced concrete round plates in the operational stage /Modeling and methods of structural analysis. JOP Conf. Series: Journal of physics: Conf. Series: 1425(2020) 012101 doi: 10.1088/1742-6596/1425/1/012101.

УДК 624.012.3

ПРОЧНОСТЬ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

КРИШАН Анатолий Леонидович

д.т.н., профессор Магнитогорского государственного технического университета,
Магнитогорск, Россия, kris_al@mail.ru

АСТАФЬЕВА Мария Анатольевна

к.т.н., доцент Магнитогорского государственного технического университета,
Магнитогорск, Россия, skymanika@mail.ru

STRENGTH OF CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMNS OF HIGH-RISE BUILDINGS

KRISHAN Anatoly L.

Doctor of Engineering, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,
Russia, kris_al@mail.ru

ASTAFEVA Mariia A.

Candidate of Sciences (Engineering), Docent of the Magnitogorsk State Technical
University, Magnitogorsk, Russia, skymanika@mail.ru

Благодаря целому ряду положительных качеств трубобетонные колонны (ТБК) еще с конца прошлого века широко используются при возведении высотных зданий за рубежом [1]. Появление нормативного документа СП 266.1325800.2016 способствовало строительству таких зданий и в РФ. В г. Екатеринбурге начато строительство первого высотного здания в России с использованием ТБК. В настоящее время идет проектирование многофункциональных комплексов высотой 150 м и 297 м в Екатеринбурге и Москве. Применение в этих зданиях ТБК позволит существенно сократить размеры поперечных сечений колонн. Например, ТБК диаметром 1220 мм заменит железобетонную колонну диаметром 1800 мм при одинаковом расходе стали на их изготовление.

Успешному проектированию указанных объектов способствует разработанная методика расчета прочности колонн, основанная на деформационной модели [2]. Методика предусматривает расчет координат параметрических точек диаграмм деформирования бетона и стали без использования эмпирических зависимостей. Формулы по определению расчетных сопротивлений материалов получены на основе известных принципов механики твердого тела, что делает их более универсальными и обеспечивает достоверность расчетов.

Список литературы / References

1. Han L.H. et al. Developments and advanced applications of concrete filled steel tubular (CFST) structures // Journal of Constructional Steel Research. 2014. Vol 100. Pp. 211-228
2. Кришан А.Л. и др. Сжатые трубобетонные элементы. Теория и практика. Москва, АСВ, 2020. 375 с. [Krishan A.L. i dr. Szhaty`e trubobetony`e e`lementy`. Teoriya i praktika. Moskva, ASV, 2020. 375 s.]

УДК 624.075.23

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГИБКИХ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН

КРИШАН Анатолий Леонидович

д.т.н., профессор Магнитогорского государственного технического университета, Магнитогорск, Россия, kris_al@mail.ru

АСТАФЬЕВА Мария Анатольевна

к.т.н., доцент Магнитогорского государственного технического университета, Магнитогорск, Россия, skymanika@mail.ru

LOAD-BEARING CAPACITY OF FLEXIBLE CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMNS

ASTAFEVA Mariia A.

Candidate of Sciences (Engineering), Docent of the Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, skymanika@mail.ru

KRISHAN Anatoly L.

Doctor of Engineering, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, kris_al@mail.ru

Предлагается методика расчета несущей способности гибких трубобетонных колонн (ТБК) на основе нелинейной деформационной модели. Методика рассматривает три этапа расчета. На первом этапе для короткой центрально сжатой ТБК аналитическим путем строятся диаграммы деформирования объемно сжатого бетонного ядра и стальной трубы, рассматриваемой в условиях двухосного напряженного состояния сжатия-растяжения [1]. На втором этапе выполняется расчет несущей способности внецентренно сжатого элемента с заданной гибкостью при учете приближенного значения прогиба. При этом рассматривается кривизна только наиболее напряженного нормального сечения. На третьем этапе уточняется значение прогиба ТБК с учетом изменения жесткости по длине колонны и определяется ее несущая способность. Разработанная методика реализована в виде алгоритма для расчетов на ЭВМ. Результаты расчетов по ней хорошо согласуются с опубликованными данными. В настоящее время в рамках научно-технического сопровождения методика используется при проектировании колонн высотного здания.

Список литературы / References

1. Krishan A.L. et al. Strength of compressed concrete filled steel tube elements of circular and square cross- section // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 451. № 012053. doi: 10.1088/1757-899X/451/1/012053

УДК 624.074

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ-ОБОЛОЧКИ ПЕРЕКРЫТИЯ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapovit@mail.ru

СЕЛИВАНОВ Антон Валерьевич

старший преподаватель Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, Омск, Россия, ant.seliwanov@yandex.ru

РЕГЕР Федор Федорович

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, Омск, Россия, fedorreger@gmail.com

RESULTS OF COMPREHENSIVE STUDIES OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SHELL SLAB

MIRSAYAPOV Ilshat T.

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, mirsayapovit@mail.ru

SELIVANOV Anton V.

Senior Lecturer, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia, ant.seliwanov@yandex.ru

REGER Fedor F.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia, fedorreger@gmail.com

Приведены результаты комплексных исследований железобетонной плиты-оболочки перекрытия с пустотами в полке, целью которых являлось совершенствование ее конструкции, разработка методик расчетов по первой и второй группам предельных состояний, и оценка экономической эффективности ее применения.

Изложены результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния плиты-оболочки, а также и результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния, характера образования и развития трещин и разрушения.

Результаты компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния плиты-оболочки, при различных условиях её опирания и величинах предварительного напряжения, подтверждают предпосылки о сдерживании поперечных ребер по всей длине плиты-оболочки при максимальном предварительном напряжении и ограничении поперечных деформаций на опорах. Экспериментальное исследование показывает, что разрушение плиты-оболочки начинается с разрушения продольных контурных ребер вследствие нарушения анкеровки арматуры с последующим её выдергиванием. Далее, происходит разрушение бетона в полке, начинающееся с образования сквозных диагональных трещин, заканчивающееся образованием сквозной продольной трещине в середине полки.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ НАГРУЖЕНИИ

ПЛЯСКИН Андрей Сергеевич

Заведующий кафедрой металлических и деревянных конструкций, к.т.н., Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия, plyaskinandrei@mail.ru

DYNAMIC STRENGTH OF FINE-GRAINED CONCRETE UNDER HIGH-SPEED LOADING

PLYASKIN Andrei S.

Head of the Department of Metal and Wooden Structures, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, plyaskinandrei@mail.ru

Проведены экспериментальные исследования ударного взаимодействия бетонных преград и стального ударника в диапазоне скоростей встречи 130-700 м/с. Прочность бетонных преград на сжатие в момент испытаний составила 29,4 МПа. Стальной ударник цилиндрической формы диаметром 7,6 мм, длиной 24,8 и массой 8,1 г. Расчетно-экспериментальным методом получена зависимость динамической прочности мелкозернистого бетона при ударном нагружении стальным цилиндрическим ударником в диапазоне скоростей встречи 88–700 м/с [1, 2]. При увеличении скорости взаимодействия ударника с преградой до 244 м/с происходит рост предела динамической прочности бетона, дальнейшее увеличение приводит к линейному снижению прочности.

Список литературы / References

1. Radchenko P.A. Fracture of protective structures from heavy reinforcing cement during interaction with high-velocity impactor / P.A. Radchenko, S.P. Batuev, A.V. Radchenko // Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physics. – 2021. – Vol. 14(6). P. 779–786.
2. Plyaskin A.S., Belov N.N., Yugov N.T. Modeling impact interaction of a composite barrier with a spherical striker, Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2024. Т. 97. № 1. С. 217-222.

УДК 69.07

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СБОРНО- МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

КОЯНКИН Александр Александрович

к.т.н., доцент Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия,
KoyankinAA@mail.ru

ON SOME FEATURES OF THE FORMATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF PREFABRICATED MONOLITHIC STRUCTURES

KOIANKIN Aleksandr A.

PhD, Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia,
KoyankinAA@mail.ru

Сборно-монолитные конструкции обладают рядом конструктивных особенностей, существенно влияющих на формирование его напряжённно-деформированного состояния:

- начальные силовые напряжения и деформации в сборной части;
- наличие бетонов разного возраста, видов и физико-механических свойств;
- контактный шов сопряжения разновозрастных бетонов менее прочен на сдвиг, чем цельная конструкция;
- до набора требуемой прочности монолитный бетон не вовлекается в процесс восприятия внешней нагрузки и сам является нагрузкой на сборные части;
- последовательность монтажа отдельных элементов и их частей существенно влияет на формирование НДС как сборно-монолитного каркаса здания в целом, так и отдельных его частей;
- укладка монолитного бетона и последующий набор прочности не только меняет (увеличивает) жёсткость отдельных конструктивных элементов здания, но и изменяет граничные условия сопряжения этих элементов со смежными конструкциями, что в конечном итоге влияет (увеличивает) на пространственную жёсткость здания в целом.

Учёт обозначенных конструктивных особенностей необходим в процессе проектирования сборно-монолитных конструкций.

Список литературы / References

1. Кабанцев, О. В., Тамразян, А. Г. Учёт изменений расчётной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 5. – С. 15–28. [Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behavior//Magazine of Civil Engineering. 2014. No. 5. Pp. 15–28].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ЖЕСТКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРОЙ

ФИЛАТОВ Валерий Борисович

к.т.н., профессор Самарского государственного технического университета, Самара,
Россия, vb_filatov@mail.ru

ЖИЛЬЦОВ Юрий Викторович

ст. преподаватель Самарского государственного технического университета, Самара,
Россия, zzilz@mail.ru

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES OF THE STRENGTH OF INCLINED SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH RIGID TRANSVERSE REINFORCEMENT

FILATOV Valery B.

Candidate of Engineering, professor, Samara State Technical University, Samara, Russia,
vb_filatov@mail.ru

ZHILTSOV Yuri V.

Senior lecturer, Samara State Technical University, Samara, Russia, zzilz@mail.ru

Применение жесткой поперечной арматуры (стальных пластин) в железобетонных балках целесообразно, когда требуется высокая интенсивность поперечного армирования наклонных сечений для восприятия значительных поперечных сил [1]. Стержневая поперечная арматура усложняет производство работ при изготовлении каркасов и укладке бетона. Представлены результаты испытаний железобетонных балок с поперечным армированием стержнями и стальными пластинами [2]. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния бетона и стальных пластин, предложена методика расчета прочности наклонных сечений с жесткой поперечной арматурой [3].

Список литературы / References

1. Травуш В.И., Конин Д.В., Крылов А.С. Прочность железобетонных балок с жесткой арматурой из высокопрочного бетона // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 3(79). С. 36–44.
2. Мурашкин Г.В., Филатов В.Б., Жильцов Ю.В. Результаты испытаний железобетонных балок с различным поперечным армированием // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сб. трудов Всероссийской научно-техн. конф. / СГАСУ, 2012. С. 322-323.
3. Филатов В.Б., Жильцов Ю.В., Коваленко М.В. Экспериментальное исследование работы жёсткого поперечного армирования железобетонных балок в зоне среза // Вестник Евразийской науки, 2020 №2, <https://esj.today/PDF/84SAVN220.pdf>

ВЛИЯНИЕ КОСВЕННОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

КОРНИЮШИНА Марина Петровна

Научный сотрудник НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия, 89263833526@yandex.ru

КРЫЛОВ Сергей Борисович

д.т.н., НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия, niizhb_lab8@mail.ru

THE EFFECT OF INDIRECT REINFORCEMENT ON THE STRENGTH OF SQUARE CONCRETE-FILLED STEEL TUBULAR (CFT) COLUMNS

KORNYUSHINA Marina P.

Researcher at NIIZHB JSC "Research Center of Construction", Moscow, Russia, 89263833526@yandex.ru

KRYLOV Sergey B.

d.t.s., NIIZHB JSC "Research Center of Construction", Moscow, Russia, niizhb_lab8@mail.ru

В трубобетонной колонне круглого поперечного сечения, бетонное ядро находится в состоянии трёхосного сжатия (при небольшом эксцентриситете продольной силы), что существенно увеличивает несущую способность всей конструкции [1]. В трубобетонной колонне квадратного поперечного сечения обжатие бетонного ядра выражено крайне слабо. Поэтому несущая способность такой конструкции мало отличается от несущих способностей бетона и трубы, взятых по отдельности. Повышение несущей способности трубобетонных колонн квадратного сечения может быть достигнуто за счёт применения косвенного армирования (спиралей, помещённых внутрь бетона [2], в виде арматурных сеток в поперечных сечениях, шпилек или затяжек, пропущенных сквозь тело колонны и закреплённых в стенках трубы). Выполненные численные расчёты показывают, что использование перечисленных приёмов, позволяет увеличить несущую способность трубобетонных колонн на 25% и более.

Список литературы / References

1. Кришан А.Л., Римшин В.И., Астафьева М.А. Сжатые трубобетонные элементы. Теория и практика. Москва, 2020, 321 стр. [Krishan A.L., Rimshin V.I., Astafyeva M.A. Compressed tubular concrete elements. Theory and practice. Moscow, 2020, 321 pages].
2. Кришан А.Л., Римшин В.И., Астафьева М.А. Прочность усовершенствованных трубобетонных элементов квадратного поперечного сечения. Строительные материалы. 2018. № 6. С. 24–28. [Krishan A.L., Rimshin V.I., Astafyeva M.A. Strength of improved tubular concrete elements of square cross-section. Building materials. 2018. No. 6. pp. 24-28].

УДК 539.3: 624.012(075)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ УСЛОВИИ СЛОЖНОГО НАГРУЖЕНИЯ

ТРЕЩЕВ Александр Анатольевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия, taa58@yandex.ru

ТЕЛИЧКО Виктор Григорьевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия, katranv@yandex.ru

АНДРОНОВ Антон Максимович

аспирант кафедры ССМиК Тульского государственного университета, Тула, Россия, double.a98@yandex.ru

MODELING OF A MULTI-STOREY BUILDING TAKING INTO ACCOUNT DAMAGE AND THE INFLUENCE OF A DEFORMABLE BASE UNDER CONDITIONS OF COMPLEX LOADING

TRESHCHEV Alexandr A.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia, taa58@yandex.ru

TElichko Victor G.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia, katranv@yandex.ru

ANDRONOV Anton M.

Graduate Student, Tula State University, Tula, Russia, double.a98@yandex.ru

Рассматривается определение напряженно-деформируемого состояния (НДС) многоэтажного жилого здания из железобетона на деформируемом основании из нескольких слоев скального грунта. В качестве метода исследования используется метод конечных элементов [1]. Учитывается зависимость физико-механических свойств материалов конструкций здания и основания от вида напряженного состояния, развитие пластических деформаций в арматуре совместно с повреждаемостью [1]. Используются определяющие соотношения для начально-изотропного материала [1]. Проведена оценка НДС комбинированной системы типа «здание-основание» под действием нагрузок в соответствии с действующими нормативными документами, включающими в себя особые воздействия.

Список литературы / References

1. Трещев А.А., Теличко В.Г., Золотов Н.В. Новое о расчете монолитного железобетонного остова многоэтажного здания // Строительная механика и конструкции. 2019. № 2 (21). С. 89-97.

УДК 624.012.3/4

ЗАПУТАННОСТЬ НОРМАТИВНЫХ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ВАРЛАМОВ Андрей Аркадьевич

к.т.н., профессор Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия, office@mgrp-mg.ru

CONFUSION OF REGULATORY APPROACHES TO THE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

VARLAMOV Andrey A.

Candidate of technical sciences, professor of Magnitogorsk State Technical University named G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia, office@mgrp-mg.ru

В настоящее время в нормах проектирования железобетонных конструкций одновременно используется два подхода к расчетам: - метод предельных состояний и метод деформаций [1,2]. Использование метода предельных состояний с его коэффициентами приводит, с учетом неучтенных факторов, для конструкций классов не выше КС, к тому, что напряжения в конструкциях во время работы редко превышают уровень напряжений 0,5. Это значит, что только редкие конструкции значительно снижают свою жесткость во время эксплуатации. В тоже время требование к снижению жесткостей конструкций при длительной эксплуатации зданий и сооружений при использовании метода деформаций при расчетах значительно снижает жесткость конструкций и приводит к перерасходу материалов при проектировании и строительстве. Необходимо более четко разделить применение используемых методов в нормах проектирования.

И. если, расчет отдельных конструкций по деформированной схеме вполне работоспособен, то для зданий и сооружения требуется разъяснение и конкретизация подходов к расчету.

Предлагается выделить метод деформаций при расчете неупругих систем в отдельный нормативный документ.

Список литературы / References

1. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования. // Техэксперт: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820823> (дата обращения: 11.10.2024). [SP 430. 1325800.2018 Monolithic structural systems. Design rules // TekhExpert: [website]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820823> (date of access: 11.10.2024)]
2. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. // Техэксперт : [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>(дата обращения: 11.10.2024). [SP 63. 13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. // TekhExpert: [website]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (date of access: 11.10.2024)]

УДК 624.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ОРГАНИЗОВАННЫМИ ТРЕЩИНАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДЛИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ НАГРУЖЕНИЙ

ЧХУМ Амнот

Заведующий Отдел Аспирантуры Национального Политехнического Института Камбоджи, Пномпень, Камбоджа, chhom_amnoth@yahoo.com

A STUDY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH PREFORMED ORGANIZED CRACKS UNDER LONG-TERM LOADING WITH VARIED LOAD

СННОМ Amnoth

Head of Department Doctoral Study of Technology and Science, National Polytechnic Institute of Cambodia, Phnom Penh, Cambodia, chhom_amnoth@yahoo.com

Образование трещин влияет на жесткость и деформативность конструкций (элементов), поэтому возникает необходимость дальнейшего совершенствования расчетного аппарата для прогибов и трещинообразования [1]. Исследование железобетонных конструкций на прочность, жесткость и трещиностойкость при длительном воздействии нагрузки является предметом изучения многих ученых. Образование трещины протекает с очень большой скоростью как мгновенный разрыв бетона в растянутой зоне, создавая колебания конструкции [2]. Целью нашей работы является исследование особенностей деформирования железобетонных балок с заранее организованными трещинами и без организованных трещин под действием длительных нагрузок с различными уровнями нагружения.

Список литературы / References

1. Митасов В.М. Конструкции с заранее организованными трещинами / В.М. Митасов, М.А. Логунова // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 1. – С. 115–121. [Mitasov V.M. Logunova M.A. Structures with organized cracks// Vestnik TGASU. 2015. № 1. Pp 115 – 121.]
2. Чхум А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонной балки с организованной трещиной при действии длительных нагрузок/ А.Чхум // Вестник СибАДИ. – 2018. – Том 15, №4. С.606 – 616. [Chhom A. Experimental investigation of deflected mode of the reinforced concrete beams with organized cracks under long-term loading// Vestnik SibADI. 2018. Vol 15 № 4. Pp 606 – 616.]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРИ ИЗГИБЕ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

АЛФЕРОВ Андрей Леонидович

Соискатель ученой степени Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), Новосибирск, Россия, a.alferov@atika.pro

MODELING OF THE DEFORMATION PROCESS OF A REINFORCED CONCRETE BEAM DURING BENDING, TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL NONLINEARITY

ALFEROV Andrey L.

PhD candidate of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, a.alferov@atika.pro

Теория сопротивления железобетона на основе энергетических принципов способна предложить модель для расчета по обеим группам предельных состояний, основанной на единых предпосылках и принципах, результаты которой хорошо согласуются с экспериментальными данными без использования большого числа эмпирических коэффициентов. Разработана модель к определению напряженно-деформированного состояния в сечении с трещиной в изгибаемой железобетонной конструкции при увеличении нагрузки, вплоть до разрушения. Предложены: энергетические критерии образования и срагивания трещины; энергетические критерии хрупкого и пластического разрушений; подход к определению прогибов; новая формула для определения ширины раскрытия трещин в изгибаемых железобетонных конструкциях. Выполнено сравнение экспериментальных данных с результатами расчетов по предложенной модели.

Список литературы / References

1. Адищев В. В., Алферов А. Л. Определение момента образования трещин в изгибаемых железобетонных элементах с учетом реальных физических свойств материалов в нечеткой постановке // Известия вузов. Строительство. 2024. №3. С. 5-19.
2. Адищев В. В. Энергетический подход к моделированию процесса образования трещин в изгибаемых железобетонных элементах // Известия вузов. Строительство. 2005. №4. С. 26-31.
3. Алферов А. Л. Определение напряженно-деформированного состояния при изгибе железобетонной балки в сечении с трещиной после ее образования и стабилизации // Известия вузов. Строительство. 2024. №10. С.37-49.

УДК 693.55

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ В ФОРМИРОВАНИИ НДС ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК В ЗОНЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА

БУЗОВСКАЯ Яна Александровна

Старший преподаватель кафедры Железобетонные конструкции
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия,
jana69.71.95@mail.ru

INVESTIGATION OF THE ROLE OF REINFORCEMENT-CONCRETE BONDING IN THE FORMATION OF THE VAT OF REINFORCED CONCRETE BEAMS IN THE TRANSVERSE BENDING ZONE

BUZOVSKAYA Yana A.

Senior Lecturer, Department of Reinforced Concrete Structures Samara State Technical
University, Samara, Russia, jana69.71.95@mail.ru

Целью исследования, является выяснение роли продольной арматуры и условий её сцепления с бетоном в обеспечении прочности и формировании физической картины работы и разрушения железобетонных балок прямоугольного сечения в зонах поперечного изгиба [1, 2, 3].

Приведены результаты испытаний трёх пар (серий) опытных образцов, изготовленных в виде железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения, с одинаковой прочностью бетона, армированных только продольной арматурой. Каждая пара опытных образцов имела одинаковое продольное армирование, и различные условия сцепления арматуры с бетоном по их длине. Для одного из образцов пары сцепление обеспечивалось полностью по всей длине, для другого оно полностью нарушалось в зонах поперечного изгиба.

Полученные результаты позволили сделать выводы о роли продольной арматуры и условий её сцепления с бетоном в обеспечении прочности, формировании напряжённо-деформированного состояния и характера разрушения железобетонных балок прямоугольного сечения в зонах поперечного изгиба.

Список литературы / References

1. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-101-2003. Москва, Стандартинформ, 2019.
2. Прокопович А.А. Сопротивление изгибу железобетонных конструкций с различными условиями сцепления продольной арматуры с бетоном. Самара, 2000. 296 с.
3. Прокопович А.А., Бузовская Я.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов в зонах чистого и поперечного изгиба // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 26–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.3.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПРОФИЛИРОВАННЫМ НАСТИЛОМ

БЫЧКОВ Александр Сергеевич

аспирант Самарского Государственного Технического Университета, Самара, Россия,
islezrbs@gmail.com

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

к.т.н., доцент Самарского Государственного Технического Университета, Самара,
Россия

RELATIVE ANALYSIS OF CALCULATION OF STRENGTH AND DEFORMATILITY OF STEEL-REINFORCED CONCRETE FLOOR PLATES WITH PROFILED DECK

BYCHKOV Alexander S.

Graduate Student, Samara State Technical University, Samara, Russia, islezrbs@gmail.com

PANFILOV Denis A.

PhD of Engineering, associate professor (docent), Samara State Technical University,
Samara, Russia

В этом исследовании были рассмотрены 4 вида настила, производимых в РФ, и рассчитанных по методике, изложенной в СП266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» [1]. Проведен сравнительный анализ и сделаны выводы.

В настоящем исследовании приняты для расчета вида настила, в т.ч. армирующий «БИЗОН», производимый в г. Тольятти Самарская обл. и 3 наиболее популярных настила в РФ. На первом этапе сравнивались 4 настила длиной плиты 6м, во втором отобран настил Н114 для сравнения с НА «БИЗОН» для плиты длиной 9м. Такие характеристики как класс бетона, класс арматуры и равномерно-распределенная нагрузка были заданы одинаковые для всех случаев.

Были проанализированы факторы, влияющие на изменение предельных изгибающих моментов и геометрических характеристик для обеспечения оптимальной работы конструкции и её долговечности, построены графики изменения прогибов и ширины раскрытия трещин в зависимости от вида настила и длины плит, дана оценка результатов.

ИЗГИБ НЕЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМЫХ КРУГЛЫХ ТОНКИХ ПЛАСТИН

РАЗЗАКОВ Хуршидхон Саидмахсудович.

Старший научный сотрудник НПО «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», Жамбай, Узбекистан. Старший преподаватель Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета. Самарканд, Узбекистан npl-spk@list.ru.

САТТОРОВ Икромбой Сапарбоевич.

Кандидат технических наук, доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет, Самарканд, Узбекистан. Ведущий научный сотрудник, Научно-производственное объединение «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», Жамбай, Узбекистан, Email: temurbe1@mail.ru

BENDING OF NONLINEARLY DEFORMABLE ROUND THIN PLATES

KHURSHIDKHON SAIDMAKHSUDOVICH RAZZOKOV.

Senior Researcher, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. npl-spk@list.ru

IKRAMBOY SAPARBOYEVICH SATTAROV,

PhD, Associate Professor, Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering, Samarkand, Uzbekistan. Leading Researcher, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. temurbe1@mail.ru

Исследуется напряженно-деформированного состояния, [1], оценивается предельных длительных эксплуатационных нагрузок на работы железобетонных и сталежелезобетонных пластин [2], круглого очертания, а также их работы в эксплуатационной стадии и в предельном состоянии [3]. Работа подтверждает значимость учета нелинейных эффектов при анализе изгиба круглых тонких плит. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации конструкций в различных отраслях инженерии.

Список литературы / References

1. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой. М. АСВ. 2015.148с. [Perelmuter A.V., Kabantsev O.V. Analysis of structures with a changing calculation scheme. M. ASV. 2015.148 p.].
2. Ватуля Г.Л., Шевченко А.А. Предельное состояние сталебетонных круглых плит по нормальному сечению / Строительные конструкции. Киев 2013. Вып. 78. С. 137–143. [Vatulya G.L., Shevchenko A.A. Limit state of steel-concrete circular plates at normal section / Building structures. Kyiv 2013. Issue 78. pp. 137–143].
3. Razzakov S.R., Razzakov K.H.S., Razzakov J.S. Limit state of steel reinforced concrete round plates in the operational stage / Modeling and methods of structural analysis. JOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series: 1425(2020) 012101 DOI: 10.1088/1742–6596/1425/1/012101.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

Яхшибоев Шерзод Рустамкулович доктор философии по физико-математических наук (PhD). доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет, Самарканд, Узбекистан. Старший научный сотрудник, Научно-производственное объединение «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», Жамбай, Узбекистан npl-spk@list.ru.

SOLUTION OF PROBLEMS OF A THREE-LAYER PLATE UNDER TRANSVERSE VIBRATIONS

Yaxshiboyev Sherzod Rustamkulovich PhD, Associate Professor, Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering, Samarkand, Uzbekistan. Leading Researcher, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. npl-spk@list.ru.

Исследуются частоты колебаний многослойных пластин [1] в зависимости от волнового числа для различных материалов [2] как срединного, так и несущих слоев пластинки. При этом выполняются расчеты для стальных и алюминиевых несущих слоев и различных материалов (полимер, стеклопластик, древесный пластик, текстолит) [3]. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что результаты численных расчетов являются важными решениями для оценки показателей трехслойных панелей, которые расширяет область применения данных видов пластин.

Список Литературы/ References

1. Sayyad S., Ghugal Y.M. On the free vibration analysis of laminated composite and sandwich plates: A review of recent literature with some numerical results. *Composite Structures* 129 (2015) 177–201.
2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. – М.: Наука, 1987. – 493с.[3. Ambartsumyan S.A. Theory of anisotropic plates. – М.: Nauka, 1987. – 493 p.].
3. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой. М. АСВ. 2015.148с.[Perelmutter A.V., Kabantsev O.V. Analysis of structures with a changing calculation scheme. М. ASV. 2015.148 p.].

УДК 624.046

К НЕОРДИНАРНОЙ ЗАДАЧЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ УЗЛОВ

КОЛЧУНОВ Владимир Иванович

член-корреспондент РААСН, д.т.н., профессор, профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, vlik52@mail.ru

КОРЕНЬКОВ Павел Анатолиевич

к.т.н., доцент, доцент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, kpa_gbk@mail.ru

ФЕДОРОВА Наталия Витальевна

советник РААСН, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, fedorovanv@mfmgsu.ru

TO THE EXTRAORDINARY PROBLEM OF RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE JOINTS

KOLCHUNOV Vladimir I.

Corresponding Member RAACS, Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, vlik52@mail.ru

KORENKOV Pavel A.

Ph.D. in Engineering, Associated Professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, kpa_gbk@mail.ru

FEDOROVA Natalia V.

Advisor RAACS, Doctor of Engineering, professor, Head of Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, fedorovanv@mfmgsu.ru

Разработан и реализован алгоритм расчета деформирования и трещинообразования железобетонных узлов каркасов зданий с учетом деформационного эффекта железобетона (открытый проф. Вл.И. Колчуновым), учитывающего дополнительное деформационное воздействие реакции арматуры и бетона в трещине. Использование экстремума функции многих переменных Лагранжа применительно к железобетону, в частности максимальной ширине раскрытия трещин, позволяет рассмотреть многоуровневый процесс их развития. При этом в качестве критерия образования трещин использованы деформационные соотношения их образования. Для нелинейного расчета железобетонных узлов на заданные силовые и деформационные воздействия выделяется пара конечных элементов, прилегающих к трещине и привлекается специальная расчетная двухэлементная консольная модель (ДКМ) сопротивления железобетона. Деформационное воздействие выполняется в рассматриваемом узле (кроме опорных) по трем направлениям L,M,N, используя направляющие косинусы главного вектора раскрытия трещины. Для численного определения значений раскрытия трещин и жесткостей исследуемого узла, а также для определения уровня расстояния между трещинами и ширины их раскрытия-закрытия, использован инструментальный ПК ЛИРА.

СЕКЦИЯ «КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И АГРЕССИВНЫХ СРЕД»

УДК 693.2

ОСТАТОЧНАЯ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРА

КУРЛАПОВ Дмитрий Валерьевич

к.т.н, доцент, доцент Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, Kurlapovdv@mail.ru

RESIDUAL LOAD-BEARING CAPACITY OF STONE STRUCTURES AFTER FIRE EXPOSURE

KURLAPOV Dmitry V.

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, St. Petersburg, Russia, Kurlapovdv @mail.ru

Для принятия решения по техническому прогнозированию технического состояния каменных конструкций, подвергшихся огневому воздействию при пожаре, производят техническое диагностирование – процесс определения технического состояния пострадавшего здания. Целью технического диагностирования является определение остаточной несущей способности каменных конструкций, поврежденных пожаром. Особенный интерес представляют здания исторической застройки. Каменные здания постройки конца 19 и первой половины 20 веков возводились в основном 2...7 этажные. Стены зданий выполнялись из полнотелых керамических кирпичей. Раствор для кладки стен в конце 19 и в течение 20 века применялся цементно-известковый. Толщина стен, возведённых в конце 19 – начала 20 веков, была в 2...2,5 кирпича. Степень огневого воздействия при пожаре на каменные конструкции зависит от материала кирпича, размеров, положения в пространстве, нагрузки, температуры и длительности воздействия пожара, средств тушения.

Список литературы / References

1. Гроздов В.Т., Курлапов Д.В., Поддубный И.В. Рекомендации по техническому обследованию и проведению мероприятий по усилению или замене несущих конструкций малоэтажных зданий, повреждённых воздействием пожара / ВИТУ. – СПб., 2008. - 74 с.
2. Курлапов Д. В. Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции / Инженерно-строительный журнал, №4, 2009.– С.41-43.
3. Курлапов Д.В., Милютин Б.Г., Титеев И.С., Курашев Н.В., Рахимов И.Б., Нестеров Д.А. Программа расчета эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести для элементов статически определимых железобетонных конструкций // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022667151, 14.09.2022. Заявка № 2022663937 от 22.07.2022.

УДК 69.04

**ТОРКРЕТ-ТЕХНОЛОГИИ И ТОРКРЕТ-БЕТОН, КАК МАТЕРИАЛ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ МИННО-ВЗРЫВНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ
КАБАНЦЕВ О.В.**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), проф. кафедры железобетонных и каменных конструкций, д.т.н.

СИМАКОВ О.А. (НИУ МГСУ), доцент, к.т.н.

SHOTCRETE TECHNOLOGIES AND SHOTCRETE AS A MATERIAL FOR THE RESTORATION OF STONE STRUCTURES DAMAGED BY MINE AND EXPLOSIVE IMPACTS

На территориях Новых регионов России имеются значительное количество зданий и сооружений из каменной кладки, имеющих повреждения в результате минно-взрывных воздействий разного объема и масштаба, требующих восстановления и/усиления. Практика показала, что восстановление зданий и сооружений с сохранившимися вертикальными несущими конструкциями, имеющими повреждения вследствие минно-взрывных воздействий, за редким исключением будет быстрее и экономически эффективнее, нежели снос и последующее строительство нового здания. По результатам выполненных научно-исследовательских работ разработаны технологии, материалы, методики расчета и конструирования усиления каменных конструкций, имеющих повреждения вследствие минно-взрывных воздействий, на основе устройства одно- и двухсторонних аппликаций из торкрет-бетона и торкрет-фибробетона. Разработанные методы и технологии прошли апробацию в рамках 10-ти этажного жилого дома в г. Мариуполь, получившем значительные повреждения в ходе боевых действий. В рамках исследований проведены обширные испытания образцов торкрет-бетона и торкрет-фибробетона, отобранного под различными углами из специально подготовленных опытных конструкций. Установлено, что конструкция из торкрет-бетона и торкрет-фибробетона представляет собой слоистый кусочно-однородный композит. Установлено, что механические характеристики образцов-керна, отобранных под разными углами к плоскости слоев торкретирования, имеют значимые отличия, что необходимо учитывать при расчетном обосновании несущей способности проектируемого усиления.

Список литературы / References

1. Тонких Г.П.; Кабанцев О.В.; Симаков О.А.; Симаков А.Б., Баев С.М.; Панфилов, П.С. «Экспериментальные исследования сейсмостойкого усиления кладки наружными бетонными покрытиями.» Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений 2011.
2. Тонких, Г.Х.; Кабанцев, О.В.; Симаков; Баев, С.М. «Экспериментальные исследования сейсмостойкого усиления кладки наружными бетонными покрытиями.» Сейсмостойкое строительство. Безопасность конструкций. 2011.
3. Experimental analysis of reinforced concrete block masonry walls subjected to in-plane cyclic loading. Journal of Structural Engineering, ASCE, 136(4):452–462.
4. Кабанцев, О., и Симаков, О. (2023). «Ремонт каменной кладки после динамических воздействий. Методы расчета и проектирования.» Международный журнал вычислительной гражданской и строительной инженерии, 19(4), 48-68. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2023-19-4-48-68>..

УДК 624.012.3/691.327(328)

**ЭКОНОМИЧНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ КАМЕННЫЕ И
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СТЕНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ НЕГОРЮЧЕГО
ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ
ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

РАХМАНОВ Виктор Алексеевич

профессор, член-корреспондент РААСН, научный руководитель ООО «Институт ВНИИжелезобетон», Москва, Россия, info@vniizhbeton.ru

МЕЛИХОВ Владислав Иванович

к.т.н., заместитель генерального директора по науке ООО «Институт ВНИИжелезобетон», Москва, Россия, V.Melikhov@vniizhbeton.ru

ЮНКЕВИЧ Алексей Владимирович

инженер, генеральный директор ООО «Юникон-ЗСК», Москва, Россия, in@unicon-zsk.ru

**ECONOMIC ENERGY-SAVING MASONRY AND REINFORCED WALL
STRUCTURES MADE OF NON-COMBUSTIBLE POLYSTYRENE CONCRETE UNDER
VARIOUS EXTERNAL INFLUENCES**

RAKHMANOV Viktor A.

Professor, Corresponding Member of RAACS, Science Leader of LLC «Institute VNIIZhelezobeton», Moscow, Russia, info@vniizhbeton.ru

MELIKHOV Vladislav I.

Cand. Sc. (Technology), Deputy General Director for Science LLC «Institute VNIIZhelezobeton», Moscow, Russia, V.Melikhov@vniizhbeton.ru

YUNKEVICH Aleksey V.

Eng., General Director of LLC «Unicon-ZSK», Moscow, Russia, in@unicon-zsk.ru

ВНИИжелезобетоном разработан и впервые в мировой практике в 1999 г. стандартизирован особо легкий теплоизоляционно-конструкционный полистиролбетон (ПСБ), при плотности D250-D350 имеющий прочность классов В0,5-В1,5, достаточную для наружных несущих стен зданий, в т.ч. многоэтажных. ПСБ в виде каменных кладок из блоков и полистиролжелезобетонных перемычек в таких стенах и плит, утепляющих железобетонные несущие конструкции, создает теплосберегающую оболочку энергоэффективных зданий, запатентованную институтом как строительная система «Юникон». Для этой системы разработаны методики прочностных расчетов изгибаемых блочных кладок и перемычек.

В последние годы был создан негорючий ПСБ D300-D350 для системы «Юникон -3» с конструкцией наружной несущей стены толщиной 375 мм в виде кладки из негорючих ПСБ блоков (камней) и полистиролжелезобетонных перемычек без дорогостоящих противопожарной облицовки (кирпич, штукатурка и т.п.), выдерживающей значительные внешние воздействия от мороза (марка ПСБ не менее F75), ветра на высоте до 75 м и огня (класс пожарной опасности К0(45) и предел огнестойкости EI 90), что приемлемо для 25-этажных каркасных зданий I степени огнестойкости и класса С0 в большинстве регионов России. По системам «Юникон» получено 56 патентов РФ и построено более 18 млн.кв.м зданий с экономическим эффектом более 50 млрд.руб.

УДК 624.21

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН ПРИ ТВЕРДЕНИИ БЕТОНА МАССИВНЫХ МОСТОВЫХ ОПОР

ПИСКУНОВ Александр Алексеевич

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» РУТ(МИИТ), Москва, Россия, a.piskunov52@mail.ru

ПЕСТРЯКОВА Екатерина Алексеевна

к.т.н., доцент РУТ(МИИТ), Москва, Россия, kate.pestriakova@gmail.com

ГАЛАБУРДА Игорь Андреевич

аспирант РУТ(МИИТ), Москва, Россия, igor.galaburda@yandex.ru

СОНИН Александр Николаевич

к.т.н., доцент РУТ(МИИТ), Москва, Россия, axsonin@yandex.ru

АФАНАСЬЕВ Владимир Сергеевич

к.т.н., доцент РУТ(МИИТ), Москва, Россия, a89162825980@yandex.ru

МАЗУР Евгений Витальевич

к.т.н., доцент РУТ(МИИТ), Москва, Россия, genha345@mail.ru

INVESTIGATIONS OF THE CRACKING DURING CONCRETE HARDENING OF MASSIVE BRIDGE FOOTINGS

PISKUNOV Alexander Alekseevich

D. Sc., Professor, Head of Department "Bridges and Tunnels" RUT(MIIT), Moscow, Russia, a.piskunov52@mail.ru

PESTRIAKOVA Ekaterina Alekseevna

PhD (technical sciences), associate professor, Moscow, Russia, kate.pestriakova@gmail.com

GALABURDA Igor Andreevich

post-graduate student, Moscow, Russia, igor.galaburda@yandex.ru

SONIN Alexander Nikolaevich

PhD (technical sciences), associate professor, Moscow, Russia, axsonin@yandex.ru

AFANASYEV Vladimir Sergeevich

PhD (technical sciences), associate professor, Moscow, Russia, a89162825980@yandex.ru

MAZUR Evgeny Vitalievich

PhD (technical sciences), associate professor, RUT(MIIT), Moscow, Russia, genha345@mail.ru

Строительство массивных железобетонных мостовых опор требует тщательного соблюдения регламентов при производстве работ, подбору составов бетонных смесей и их изготовления, транспортировке и их укладке, уходу за бетоном, контролю качества производства работ.

Применены данные натуральных измерений и геофизического обследования, на основе которых построены модели бетонной опоры и ее армирования, с последующим стадийным анализом влияния температуры при твердении бетона в скользящей опалубке, с учетом реальных условий на основе журналов поэтапного бетонирования, контроля температуры датчиками в различных сечениях, на НДС и образование трещин опоры моста.

**ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОПОР КАМЕННЫХ СВОДОВ
ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В
ОПОРНЫХ СТЕНАХ И КОЛОННАХ И НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И
ЖИВУЧЕСТЬ СВОДОВ**

ЗИМИН Сергей Сергеевич

к.т.н., доцент Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия, zimin_sergei@mail.ru

**INFLUENCE OF DISPLACEMENT OF SUPPORTS OF MASONRY
VAULTS OF HISTORIC BUILDINGS ON PRESSURE DISTRIBUTION IN
SUPPORT WALLS AND COLUMNS AND ON THE SERVICEABILITY AND
VIABILITY OF VAULTS**

ZIMIN SERGEY S.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic
University, Saint-Petersburg, Russia, zimin_sergei@mail.ru

Причиной появления большинства трещин в каменных сводах перекрытий исторических зданий является смещения опор, вызванные неравномерными осадками фундаментов и/или недостаточной для полного восприятия распора сводов жесткостью стен и колонн [1]. Определенная комбинация смещений опор не только обуславливает конкретную «картину» напряженного состояния сводов и «рисунок» трещин, но и приводит к перераспределению давления в опорах (стенах и колоннах). При этом, работоспособность сводов при появлении первых трещин не нарушается, а живучесть сводов сохраняется вплоть до их перехода в кинематический механизм [2]. Последнее обстоятельство при соответствующих расчетных обоснованиях позволяет избежать зачастую спорных решений по усилению сводов, элементы которых, кроме прочего, портят внешний вид памятника и нарушают его подлинность.

Список литературы / References

1. Бессонов Г.Б. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем / Г.Б. Бессонов – Объединение «Союзреставрация», объединение «Росреставрация», 1989.
2. Орлович Р.Б. Анализ повреждений кирпичной облицовки фасадов многоэтажных каркасных зданий / Р. Б. Орлович, С.С. Зимин // Строительные материалы – 2023. – № 9. – С. 32-37.

УДК 691.175.743

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КИНЕТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

ПИНУС Борис Израилевич

д.т.н., профессор Иркутского Национального исследовательского технического университета, Иркутск, Россия, pinus@istu.edu

ПОПОВ Владимир Минович

к.т.н., доцент кафедры железобетонных конструкций Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Санкт Петербург, Россия. popov_vladimir_m@mail.ru

ПЛЮСНИН Михаил Геннадиевич

к.т.н., доцент Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Каравеево Костромская область, Россия, apraiser3@yandex.ru

STATISTICAL REGULARITIES OF THE KINETICS OF RESISTANCE OF COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS UNDER LOW- TEMPERATURE INFLUENCES

POPOV Vladimir M. candidate in tech. sc., associate professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia,

PINUS Boris I. doctor in tech. sc., professor, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.

PLYUSNIN Mixail G. candidate in tech. sc., Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Kostroma region, Russia

В соответствии с требованиями нормативных документов железобетонные конструкции должны удовлетворять требованиям безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности. Основным фактором, влияющим на выполнение этих требований, является изменчивость показателей внутреннего сопротивления используемых материалов [1...7]. В соответствии с СП 63.13330.2018 значение расчётного сопротивления арматуры сжатию ограничивается предельными деформациями бетона. Как показано в работах [8, 9] такое решение приводит к неопределённости значения обеспеченности расчётного сопротивления арматуры сжатию и, соответственно, неопределённой обеспеченности несущей способности сжатых железобетонных конструкций с такой арматурой. Для обоснования целесообразности (необходимости) учёта изменчивости деформационных свойств бетона и арматуры при оценке эксплуатационной надёжности железобетонных конструкций, в том числе в условиях воздействия циклов замораживания и оттаивания (ЦЗО) проведено численное моделирование с использованием известного [10...13] метода статистического моделирования в рамках вероятностного подхода к определению несущей способности центрально сжатого железобетонного элемента с симметричным армированием (без учёта эксцентриситета и гибкости) при различном уровне насыщения арматурой класса А400. В качестве исходных данных изменчивости показателей сопротивления и площади арматуры приняты результаты испытаний бетона и нормативные требования к арматуре.

Результаты расчётов свидетельствует о влиянии армирования сжатых элементов на статистические закономерности распределения их прочности.

Обеспечение необходимой надёжности сжатых железобетонных конструкций возможно с учётом изменчивости предельных деформаций бетона и уровня армирования.

Список литературы / References

1. Коваленко Г. В., Нестер Е. В. Анализ изменчивости физико-механических характеристик высокопрочной стержневой арматуры от разных заводов-поставщиков // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 4(12). – С. 128-131. – EDN PBDKDH.
2. Селяев В. П., Алимов М. Ф., Селяев П. В., Шабаев И. Н. Дифференцированный анализ диаграмм деформирования бетона при сжатии // Региональная архитектура и строительство. – 2019. – № 2(39). – С. 63-71. – EDN HZVKPV.
3. Адищев, В. В., Алферов А. Л. Построение нечетких аппроксимаций диаграмм деформирования бетона на основе экспериментальных данных // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – № 5(773). – С. 82-93. – DOI 10.32683/0536-1052-2023-773-5-82-93. – EDN VJTSMQ.
4. Пинус, Б. И. Корнеева И. Г., Калашников М. П. Статистические закономерности изменения параметров внутреннего сопротивления цементных композитов при замораживании и оттаивании // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12, № 2(41). – С. 206-213. – DOI 10.21285/2227-2917-2022-2-206-213.
5. Жарницкий В.И., Беликов А.А. Квазистатические испытания бетонных и армированных призм с целью изучения полных диаграмм сопротивления // Бетон и железобетон - взгляд в будущее: науч. тр. III Всеросс. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону: в 7-ми т. Москва, 2014. С. 39-48. EDN: [UCHFNR](#)
6. Истомина А. Д. Влияние циклического замораживания и оттаивания на диаграмму деформирования сжатого бетона // Строительство и реконструкция. – 2023. – № 5(109). – С. 36-44. – DOI 10.33979/2073-7416-2023-109-5-36-44. – EDN SWLPZV.
7. Yan X., Ren X., Li J. Experimental study of full process variability of concrete under uniaxial compression // Tongji Daxue Xuebao / Journal of Tongji University. 2016. Vol. 44 (5). Pp. 664–670. DOI:10.11908/j.issn.0253-374x.2016.05.002. в тексте нет ссылки на эту работу
8. Плюснин М. Г., Цыбакин С. В. Экспериментальное исследование изменчивости деформационных характеристик бетона при сжатии // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 10. С. 1390–1398. DOI 10.22227/1997-0935.2020.10.1390-1398
9. Попов В. М., Плюснин М. Г. Влияние изменчивости характеристик бетона и арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 80–84.
10. Зенин С. А., Кузеванов Д. В., Кудинов О. В., Петров А. М. Исследование и анализ методов выполнения вероятностных расчетов строительных конструкций // Вестник НИЦ Строительство. – 2020. – № 1(24). – С. 46-53. – DOI 10.37538/2224-9494-2020-1(24)-46-53.
11. Овчинников И. И., Чэнь Тао, Овчинников И. Г. Вероятностное моделирование поведения армированных мостовых конструкций в агрессивных условиях эксплуатации // Транспортные сооружения. 2017. Т. 4. № 4. URL: <https://t-s.today/PDF/03TS417.pdf>. DOI: 10.15862/03TS417.
12. Селяев В. П., Селяев П. В., Петров И. С. Вероятностные методы оценки долговечности железобетонных изгибаемых элементов // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 3. С. 87–90.
13. Sanjeev Kumar Verma, Sudhir Singh Bhadauria, Saleem Akhtar. Probabilistic Evaluation of Service Life for Reinforced Concrete Structures // Chinese Journal of Engineering. 2014. 648438. <https://doi.org/10.1155/2014/648438>.

УДК 666.97:66.02:620.193

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА АГРЕССИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ,
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ГАЗОВЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ**

ФЕДОСОВ Сергей Викторович

академик РААСН, д.т.н., профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, fedosov-academic53@mail.ru

РУМЯНЦЕВА Варвара Евгеньевна

член-корр. РААСН, д.т.н., профессор, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук Ивановского государственного политехнического университета, Иваново, Россия, varrym@gmail.com

КРАСИЛЬНИКОВ Игорь Викторович

д.т.н., доцент, руководитель центра научно-исследовательских работ и технической экспертизы Ивановского государственного политехнического университета, Иваново, Россия, korasb@mail.ru

**MODELING OF MASS TRANSFER OF AGGRESSIVE SUBSTANCES IN
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OPERATED IN GASEOUS AGGRESSIVE
ENVIRONMENTS**

FEDOSOV Sergey V.

Academician of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Doctor of Engineering, Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, fedosov-academic53@mail.ru

RUMYANTSEVA Varvara Ev.

Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Doctor of Engineering, Professor, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia, varrym@gmail.com

KRASILNIKOV Igor V.

Doctor of Engineering, docent, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia, korasb@mail.ru

Модель нестационарного массопереноса в процессах газовой коррозии железобетонных конструкций, необходима расчета их долговечности. Приведена модель диффузии агрессивных веществ с учетом их взаимодействия с компонентами бетона и этапами рассматриваемого процесса. Моделирование массопереноса агрессивных веществ по жизненному циклу в конструкциях предложено проводить методом микропроцессов, основываясь на полученном нами аналитическом решении в пределах небольшого временного интервала. Выполненная верификация модели показала адекватность принятых расчетных схем, допущений и методов решения, а, следовательно, допускает ее применение в имитационных моделях жизненного цикла строительного объекта.

СИЛОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ УСИЛЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, РАБОТАЮЩЕГО В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

РИМШИН Владимир Иванович

член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, профессор Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, Россия, Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия, v.rimshin@niisf.ru

СУЛЕЙМАНОВА Людмила Александровна

д-р техн. наук, профессор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия, ludmilasuleimanova@yandex.ru

АМЕЛИН Павел Андреевич

ассистент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия, p.amelin@inbox.ru

УСАНОВ Сергей Владимирович

канд. техн. наук, старший преподаватель Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия, Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия svusanov@gmail.com

THE FORCE RESISTANCE OF REINFORCED REINFORCED CONCRETE WORKING IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

RIMSHIN Vladimir I.

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, Scientific Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia, v.rimshin@niisf.ru

SULEYMANOVA Lyudmila A.

Doctor of Technical Sciences, Professor of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, ludmilasuleimanova@yandex.ru

AMELIN Pavel A.

Assistant, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, p.amelin@inbox.ru

USANOV Sergey V.

Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia, Scientific Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia, svusanov@gmail.com

Железобетонные конструкции, используемые в различных сооружениях, которые подвергаются воздействию хлоридной агрессивной среды, вызывающей коррозию бетона и арматурных стержней [1]. Метод определения силового сопротивления железобетона базируется на применении частного случая модели деформирования коррозионно-поврежденных элементов с учетом внешнего полимеркомпозитного армирования, которое позволяет повысить изгибные жесткости и прочностные характеристики поврежденных элементов [2, 3]. Предложенный метод основан на ряде предположений,

включая постоянство внешней нагрузки и концентрации агрессивной среды вокруг сечения на протяжении всего периода наблюдений, что обеспечивает стабильность расчетов (рис.1).

Для обеспечения точности расчетов используется итерационный метод Пикара, предназначенный для аппроксимации решений дифференциальных уравнений.

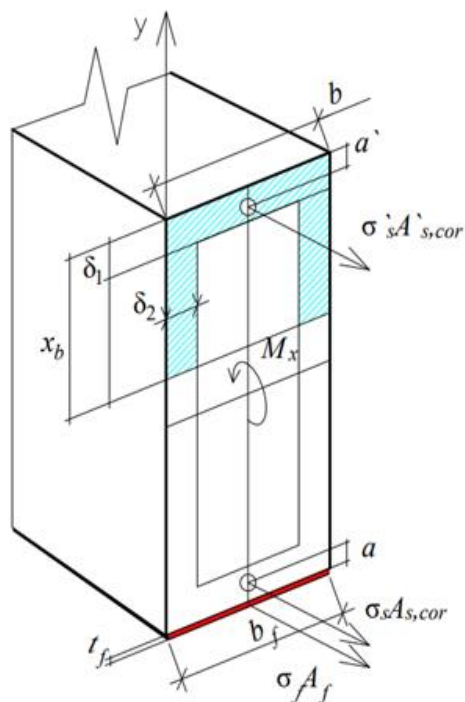


Рис. 1. Расчетная схема нормального сечения элемента

Список литературы / References

1. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Фролов Н.В. Композитное усиление железобетонных изгибаемых элементов, поврежденных под воздействием хлоридной агрессивной среды // Эксперт: теория и практика. 2023. № 1 (20). С. 29–34. [Rimshin V.I., Suleymanova L.A. Amelin P.A., Frolov N.V. Compositional reinforcement of reinforced concrete bendable elements damaged by the action of an aggressive chloride medium // Expert: theory and practice. 2023. No. 1 (20). pp. 29–34.]
2. Mirsayapov, I. T. Strengthening of concrete beams by CFRP considering initial state / I. T. Mirsayapov, G. T. Apkhadze, Zh. S. Nuguzhinov // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2023. – No. 4(109). – P. 10929. – DOI 10.4123/CUBS.109.29. – EDN KGQEXE.
3. Белов В.В., Никитин С.Е. Диахронная модель деформирования коррозионно-поврежденных железобетонных элементов с трещинами // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 4(29). С. 18–25. [Belov V.V., Nikitin S.Well. Diachronic model deformed corrosion-damaged. 2011. No. 4(29). pp. 18–25]

УДК 69.04

СООТНОШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПЛОСКО НАПРЯЖЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

КОРСУН Владимир Иванович,

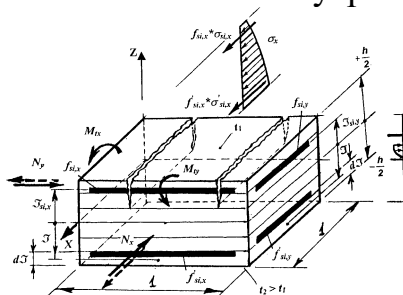
д.т.н., профессор Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, Россия, korsun_vi@mail.ru

RELATIONS OF NONLINEAR DEFORMATION MODEL FOR PLANE-STRESSED HETEROGENEOUS REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

KORSUN Vladimir I.

Doctor of Engineering, professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia, korsun_vi@mail.ru

Соотношения разработаны применительно к плоско напряженным элементам сооружений оболочечного типа. Основные разрешающие уравнения нелинейной деформационной модели (1) представлены уравнениями равновесия внешних и внутренних усилий:



$$\begin{matrix} N_x \\ M_x \\ N_y \\ M_y \end{matrix} = \begin{vmatrix} A_1 & A_2 & B_1 & B_2 \\ A_2 & A_3 & B_2 & B_3 \\ B_1 & B_2 & C_1 & C_2 \\ B_2 & B_3 & C_2 & C_3 \end{vmatrix} \begin{matrix} \varepsilon_{ox} \\ \chi_x \\ \varepsilon_{oy} \\ \chi_y \end{matrix} + \begin{vmatrix} N_{ox} \\ M_{ox} \\ N_{oy} \\ M_{oy} \end{matrix} \quad (1)$$

Неоднородность свойств бетона и арматуры по толщине плоского элемента, обусловленная температурным перепадом и различными

схемами трещинообразования, учитывается путем представления расчетного элемента в виде системы условно однородных плоско напряженных ортотропных слоев.

Связи между напряжениями и полными относительными деформациями в слоях бетона приняты в форме соотношений развиваемого варианта ортотропной дилатационной модели деформирования бетона (2) с учетом температурных, усадочных деформаций и ползучести бетона соответственно температурам, продолжительности нагрева и уровня длительного нагружения. Принят линейный закон распределения деформаций по высоте сечения элемента.

$$\varepsilon_{x(y)} = \frac{\sigma_{x(y)}}{E_{x(y)}^*} - \nu_{x(y)} \cdot \frac{\sigma_{y(x)}}{E_{y(x)}^*} + a_{x(y)} \cdot \theta_d + a_{bt} \cdot \Delta t + \varepsilon_{cs} + \varepsilon_{cr,x(y)} ; \quad E_x^* \cdot \nu_y = E_y^* \cdot \nu_x \quad (2)$$

Достоверность соотношений модели подтверждена близким соответствием результатов расчетов и экспериментов на образцах-фрагментах сооружений в виде пластин с неизгибаемой срединной поверхностью при воздействиях перепадов температур по толщине от +20°C (-50°C) до +150°C и продольных сжимающих, а также растягивающих сил различной длительности.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ДЕГРАДАЦИИ

ВАРЛАМОВ Андрей Аркадьевич

к.т.н., профессор Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия, office@mgrp-mg.ru

ВАРЛАМОВ Арсений Андреевич

студент АНО ВО «Центральный университет» г. Москва, Россия, arceniyvarlamov@gmail.com

DEVELOPMENT OF DEGRADATION THEORY

VARLAMOV Arseniy A.

student of ANO VO "Central University" Moscow, Russia, arceniyvarlamov@gmail.com

VARLAMOV Andrey A.

Candidate of technical sciences, professor of Magnitogorsk State Technical University named G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia, office@mgrp-mg.ru

Существующий подход к объяснению физических процессов с точки зрения структуры материи, например, квантовых процессов и выше, по нарастанию: частиц, атомов, молекул, объектов ... превалирует в объяснении существующих явлений. С другой стороны никто не оспаривает существование закона сохранения энергии. Использование этого закона и предположений о существовании «начала» и «конца» жизни позволило разработать «теорию деградации», в которой исходные предположения находят логические подтверждения [1,2]. Теория помогает объяснить процессы, проходящие во времени, понять, что такое время и его направление, связать энергию и информацию, на единой основе построить диаграммы поведения конструкционных материалов. Практически теория позволяет, например, для бетона рассчитать ползучесть по исходной диаграмме, видеть поведение во времени и оценить долговечность материала, конструкций, зданий и др.

Список литературы / References

1. Варламов А.А. Модели поведения бетона. Общая теория деградации. / Варламов А.А., Римшин В.И. - Москва: ИНФРА-М, 2022.- 436 с. [Varlamov A.A., Rimshin V.I. Models of concrete behavior. General theory of degradation. Moscow: INFRA-M, 2022. 436 p.]
2. Варламов А.А. Общий энергетический подход к оценке деформации бетонов // Бетон и железобетон. 2012. №3. С. 27-30. [Varlamov A.A. General energy approach to assessing concrete deformation // Concrete and reinforced concrete. 2012. No. 3. Pp. 27-30.]

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА БЕТОНОВ С ДОБАВКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ТУФА

КАЛМАКОВА Полина Сергеевна

аспирант Московского государственного строительного университета МГСУ, младший научный сотрудник лаборатории №8 «Механики железобетона» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва Россия, polina15kalmakowa@gmail.com

КРЫЛОВ Сергей Борисович

доктор технических наук, академик РААСН, заведующий лабораторией №8 «Механики железобетона» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва, Россия, niizhb_lab8@mail.ru

ЛАРСЕН Оксана Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов Московского государственного строительного университета, Москва, Россия, larsen.oksana@mail.ru

APPLICATION OF METHODS OF MATHEMATICAL PLANNING OF EXPERIMENT FOR OPTIMISATION OF CONCRETE COMPOSITION WITH VOLCANIC TUFF ADMIXTURE

KALMAKOVA Polina S.

Graduate Student Moscow State University of Civil Engineering, junior researcher laboratory 8 «Reinforced concrete mechanics» Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, Moscow, Russia, polina15kalmakowa@gmail.com

KRYLOV Sergey B.

Doctor of Technical Sciences, Academician of RAASN and Head of Laboratory 8 «Reinforced concrete mechanics» Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, Moscow, Russia, niizhb_lab8@mail.ru

LARSEN Oksana A.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Binders and Concrete Technology Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, larsen.oksana@mail.ru

Математическое моделирование и планирование экспериментов при создании уникальных современных бетонов является неотъемлемой частью современного производства строительных материалов. При помощи моделирования, на основе двух- и трехфакторных моделей, можно спрогнозировать и дать оценку влияющим исходным данным на физико-механические характеристики полученного материала. Данная модель позволяет оценить и скорректировать состав с учетом прогнозирования наилучших и наихудших факторов.

Список литературы/References

1. Руководство по подбору составов тяжелого бетона /НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1979. — ЮЗ с
2. Шакарна, М. Х. Композиционные вяжущие с использованием вулканических туфов Иордании / М. Х. Шакарна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 38-43.

УДК 539.386, 539.375.5

ЗАДАЧА О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ БЕТОННОЙ ПЛАСТИНЫ С ДЕФЕКТОМ В ВИДЕ ТРЕЩИНЫ НОРМАЛЬНОГО РАЗРЫВА С УЧЕТОМ НАВЕДЕННОЙ АНИЗОТРОПИИ

ТЕЛИЧКО Виктор Григорьевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия, katranv@yandex.ru

КОВАЛЕНКО Сергей Николаевич

аспирант кафедры ССМиК Тульского государственного университета, Тула, Россия, s-kovalenko@yandex.ru

THE PROBLEM OF THE STRESS STATE OF A CONCRETE PLATE WITH A DEFECT IN THE FORM OF A CRACK OF NORMAL RUPTURE, TAKING INTO ACCOUNT INDUCED ANISOTROPY

TELICHKO Victor G.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia, katranv@yandex.ru

KOVALENKO Sergey N.

Graduate Student, Tula State University, Tula, Russia, s-kovalenko@yandex.ru

В современном инженерном деле всё более актуальным становится строгий подход к расчётам на прочность и жёсткость, а также к методам их проведения и подтверждению достоверности результатов, независимо от сложности задачи. Рассматривается напряжённо-деформированное состояние (НДС) тонкой пластины из изотропного композитного материала (бетона) с трещиной нормального разрыва [1]. Предлагается методика определения напряжений и деформаций в окрестности вершины трещины, которая позволяет исследовать механизмы разрушения материалов с «усложненными» свойствами. Представлено численное решение модельной задачи о напряжённом состоянии пластины с трещиной нормального разрыва. Поведение бетона описывается потенциальными соотношениями [2] для изотропного материала с зависящими от напряжённого состояния физико-механическими свойствами, полученными в рамках теории нормированных пространств напряжений.

Список литературы / References

1. Березин А.В. Трещины в разносопротивляющихся дилатирующих материалах // Упругость и неупругость. М.: Изд-во МГУ. 2011. С. 304–307.
2. Трещев А.А. Теория деформирования и прочности разносопротивляющихся материалов. Тула: ТулГУ, 2020. 359 с.

УДК 691.405.8

**БЫСТРОТВЕРДЕЮЩАЯ ФТОРАНГИДРИТОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ
ДЛЯ 3Д-ПЕЧАТИ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ**

ЯКОВЛЕВ Григорий Иванович

Д.т.н., профессор, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия, gyakov@istu.ru

БУРЬЯНОВ Александр Федорович

Д.т.н., профессор, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия, rga-service@mail.ru

ХОЗИН Вадим Григорьевич

Д.т.н., профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия, khozin.vadim@yandex.ru

САИДОВА Зарина Сироджиддиновна

К.т.н., доцент, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия, zarinasaidova@mail.ru

БЕКМАНСУРОВ Марат Радикович

Аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия, bekmansurov2@mail.ru

**FAST CURING FLUOROANHYDRITE COMPOSITION FOR 3D PRINTING OF
SMALL ARCHITECTURAL FORMS**

YAKOVLEV Grigoriy Ivanovich

Doctor of Engineering, professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia, gyakov@istu.ru

Buryanov Alexander Fedorovich

Doctor of Engineering, professor, Moscow State University of Civil Engineering, Russia, rga-service@mail.ru

KHOZIN Vadim Grigorievich

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khozin.vadim@yandex.ru

SAIDOVA Zarina Sirodzhiddinovna

Candidate of Technical Sciences, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia, zarinasaidova@mail.ru

BEKMANSUROV Marat Radikovich

Postgraduate student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia, bekmansurov2@mail.ru

In recent decades, the development of digital technologies has led to the dynamic progress in various industrial sectors worldwide, accompanied by an increase in the production capacity of enterprises and the automation of object creation processes. The process of creating three-dimensional objects according to algorithms specified in digital form, also known as 3D printing, is becoming increasingly popular in the construction industry. The advantages of this "additive" technology include shortening construction timelines, reducing material waste, decreasing environmental impact, providing more reasonable labor and material costs, as well as meeting industrial safety requirements

УДК 539.386, 539.375.5

СВЯЗАННАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

ТЕЛИЧКО Виктор Григорьевич

д.т.н., профессор Тульского государственного университета, Тула, Россия,
katranv@yandex.ru

ЧИГИНСКАЯ Ирина Андреевна

аспирант кафедры ССМиК Тульского государственного университета, Тула, Россия,
irtyla@yandex.ru

RELATED THERMOELASTICITY PROBLEM FOR A CONICAL SHELL MADE OF REINFORCED CONCRETE

TELICHKO Victor G.

Doctor of Engineering, professor, Tula State University, Tula, Russia, katranv@yandex.ru

CHIGINSKAYA Irina A.

Graduate Student, Tula State University, Tula, Russia, irtyla@yandex.ru

В строительстве широко используются конструкции, выполненные из материалов, чьи физико-механические свойства чувствительны к виду напряжённого состояния. В исследовании рассматривается задача об определении напряжённо-деформированного состояния (НДС) строительных сооружений [1], таких как дымовые трубы, башенные опоры и грануляционные башни. При проектировании таких конструкций необходимо учитывать их поведение при механических и температурных воздействиях. Задача решалась в рамках развития теории деформирования разносопротивляющихся материалов. Проведена оценка НДС железобетонной конструкции в форме сегментированной трубы на плитном фундаменте. Конструкция высотой 55 метров была разделена на 4 сегмента высотой 10-15 метров. Диаметр основания составил 19 метров, диаметр нижнего сегмента - 9 метров. На конструкцию действует статическая нагрузка в виде давления на верх трубчатой конструкции, горизонтальная нагрузка, имитирующая ветровое воздействие, а также температурная нагрузка в виде нагрева внутренней поверхности трубы до 200 °С. В результате были получены числовые результаты для параметров НДС конструкции, проведено сравнение с результатами расчётов, выполненных на базе комплекса ANSYS.

Список литературы / References

1. Кричевский А.П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия. М.: Стройиздат, 1984. 148 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ ПО ОБЩЕМУ СЛУЧАЮ РАСЧЕТА НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ПИЧКУРОВА Наталья Сергеевна

канд. техн. наук, доцент Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, nataliapich@mail.ru

DETERMINATION OF THE BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE SLEEPERS ACCORDING TO THE GENERAL CASE OF CALCULATING THE NORMAL SECTIONS OF BENT ELEMENTS

PICHKUROVA Natalia S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, nataliapich@mail.ru

На Среднесибирской магистрали Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры (ЗСДИ) предусмотрено тяжеловесное движение поездов весом 9000 т с инновационными вагонами при осевой нагрузке 245 кН/ось. С 2012 года на данной магистрали помимо стандартных струнобетонных шпал производится укладка инновационных железобетонных шпал по итальянской системе OLMИ со стержневым армированием [1]. Уже начиная с 2013 года на I номере пути отмечено появление дефектных шпал с указанным армированием [2], а с увеличением пропущенного тоннажа выявлены массовые отказы таких шпал.

Целью исследования является сравнение результатов расчета по несущей способности и трещиностойкости железобетонных шпал со стержневым и проволочным армированием. Все предпосылки и необходимые зависимости приняты для общего случая расчета нормальных сечений изгибаемых элементов при любых формах сечения и армирования. Исследования проведены для классов бетона от В40 до В60.

Выявлено, что несущая способность железобетонных шпал со стержневым армированием в подрельсовом сечении незначительно выше, чем у струнобетонных шпал, однако трещиностойкость существенно ниже (в среднем разница составляет 18%).

Также по результатам исследования установлено, что увеличение класса бетона существенно не влияет на момент трещинообразования (у обоих видов шпал прирост составляет не более 6%).

Список литературы/References

1. Инструкция по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.08.2022 № 2183/р. – URL: www.consultant.ru.
2. Величко Д.В., Севостьянов А.А., Карюкин М.А. Анализ отказов железобетонных шпал в условиях Транссибирской и Среднесибирской магистралей //Отчет о научно-исследовательской работе. Тема № 2021-004. Новосибирск: СГУПС. – 95 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

АРЛЕНИНОВ Петр Дмитриевич

Доцент кафедры Железобетонных и каменных конструкций (ЖБК) Московского государственного строительного университета (МГСУ), Заместитель заведующего лабораторией №8 «Механики железобетона» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва Россия, arleninoff@gmail.com

MODELING OF HEATING DURING LONG-TERM TESTING OF CONCRETE SPECIMENS KALMAKOVA

ARLENINOV Petr D.

Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures (RCS) Moscow State University of Civil Engineering, Deputy Head of Laboratory No. 8 «Reinforced concrete mechanics» Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, Moscow, Russia, arleninoff@gmail.com

В настоящее время в связи с развитием атомной отрасли и более широким применением высокопрочных бетонов, а также планируемым применением новых сталежелезобетонных конструкций, крайне важной задачей является определение всего спектра характеристик используемых материалов, в частности информация по воздействию температур на высокопрочные бетоны, находящиеся под нагрузкой. Так эксплуатационная температура в зоне локализации аварии реакторного отделения составляет 60°C, а при контролируемых аварийных ситуациях может достигать 90°C в течении продолжительного времени. Методика определения деформаций ползучести при нагреве приведена в ГОСТ 24544 крайне сложна, и практически не применима для высокопрочных бетонов. В зарубежных стандартах таких как ASTM, ISO, EN методика проведения таких испытаний не регламентируется. Предлагаемая методика испытаний одновременно является максимально простой, решает поставленные задачи с обеспечением требуемой точности и надежности измерений, позволяет использовать стандартные пружинные установки, проведение испытаний при больших уровнях напряжений. Она специально разработана для оценки деформаций температурной ползучести в сталежелезобетонных конструкциях зоны локализации аварии реакторного отделения с использованием системы внешнего листового армирования.

Список литературы / References

1. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции. 2023;1(1):5-18.
2. Травуш В.И., Конин Д.В., Рожкова Л.С., Крылов А.С. Отечественный и зарубежный опыт исследований работы сталежелезобетонных конструкций на внецентренное сжатие//Строительство и реконструкция. 2016. № 5(67). С. 31-44.

**CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS IN
COMPRESSION****DAMIROV Masil Makhir oglu**

Senior lecturer of the Department of building constructions of the Azerbaijan University of Architecture and Construction

In the article, an effective numerical methodology was developed for determining the stress deformation state and load-bearing capacity of compressed reinforced concrete elements with annular cross-section. The developed calculation method allows to calculate compressed elements on the basis of a single method without limiting the value of short and long elements as well as eccentricities. When setting up the solution methodology, the work of concrete in compression is described by the fractional-rational dependence proposed by the Eurocode, and the work of reinforcing bars in tension-compression is described by a two-line diagram with a limited yield area. The state of stress deformation in the most stressed section of the compressed element is investigated. The bent axis of the compressed element is approximated by the half-wave of the sine, and the solution of the problem is brought to the solution of the system of nonlinear algebraic equations depending on the level of deformation on the compressed face of the section and the relative height of the compressed zone of the section. This system is solved at a given value of the level of deformation, and the relative height of the compressive zone of the cross-section is determined, and then the deflection of the cross-section and the value of the compressive force are determined. A "load-deflection" graph is obtained by increasing the level of deformation on the compressive face of the cross-section with a certain step in its change area, and on the basis of this graph, the stress deformation state and the load-carrying capacity of the compressible element are determined for an arbitrary level of loading at arbitrary given values of geometric parameters. Depending on the flexibility of the element in compression, the load-bearing capacity is determined from the stability condition or from the strength condition.

Список литературы / References

1. Beglov A. D., Sanzharovsky R. S. European standards and nonlinear theory of reinforced concrete: St. Petersburg, ASV Publishing House, 2011. – 309 p.
2. Gadzhieva U.M. Calculation of compressed reinforced concrete elements of circular cross-section using a nonlinear deformation model // Expert: Theory and Practice, 2021, No. 5 (14), pp. 13-20.
3. Hajiyev., M.A, Damirov, M.M. Construction of the "Moment-Curvature" Scheme for Annular Cross-Sectional Reinforced Concrete Elements and its Application in the Calculation of Reinforced Concrete Beams // HERALD of the Azerbaijan Engineering Academy. The international science-technical journal, - 2024, Vol 16 №1, - p. 56–69.
4. Kodysh E. N., Nikitin I. K., Trekin N. N. Calculation of reinforced concrete structures made of heavy concrete for strength, crack resistance and deformations. - Monograph, M.: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2010. - 352 p.

УДК 69.01.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ДЕРЕВА ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

ДЕОРДИЕВ Сергей Владимирович¹, канд. техн. наук, доцент,
deordievsv@yandex.ru

РАДЧЕНКО Андрей Васильевич², док. физ. мат. наук, профессор,
andrey-radchenko@live.ru

РАДЧЕНКО Павел Андреевич², док. физ. мат. наук, доцент,
pavel@ispms.ru

БАТУЕВ Станислав Павлович², канд. техн. наук.

¹Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр.
Свободный, 79

²Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
РАН, Томск

MODELING OF DEFORMATION AND DESTRUCTION OF WOOD UNDER DYNAMIC LOADS

DEORDIEV Sergey V.¹,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, deordievsv@yandex.ru

RADCHENKO Andrey V.²,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, andrey-radchenko@live.ru

RADCHENKO Pavel A.²,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, pavel@ispms.ru

BATUEV Stanislav Pavlovich²,

Candidate of Technical Sciences

¹Siberian Federal University, 79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041

²Institute of Strength Physics and Materials Science of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Tomsk

Математическая модель поведения анизотропного (ортотропного) материала древесины показала важность учета сильной степени анизотропии древесины для описания её адекватного поведения при динамическом нагружении. Предложенная модель позволяет учесть различие упругих и прочностных свойств материала в различных направлениях, а также их различие на растяжение и сжатие. Модель учитывает зависимость пределов прочности от скорости нагружения, а также от влажности материала. Предложенный подход позволит в дальнейшем моделировать поведение сложных конструкций из дерева при динамических воздействиях, поскольку не имеет ограничений на геометрию и количество элементов, а также допускает применение любых начальных и граничных условий.

Список литературы / References

1. Радченко А.В. Радченко П.А. Ударно-волновые процессы и разрушение в анизотропных материалах и конструкциях // ТГАСУ. 2016.
2. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов // Издательство "Лесная промышленность"
3. Глухих В.Н. Черных А.Г. Анизотропия древесины технологический аспект

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ С ПЕТЛЕВЫМИ ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ В СТЫКАХ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

ОМЕЛЬЧЕНКО Антон Кириллович

аспирант Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия, supermox115@gmail.com

INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A KEYWAY CONNECTION WITH LOOP FLEXIBLE CONNECTIONS AT THE JOINTS OF A LARGE-PANEL BUILDING

OMELCHENKO Anton K.

Graduate Student, Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, supermox115@gmail.com

В настоящее время крупнопанельные здания составляют более 30 % всего жилищного фонда Российской Федерации [1]. Шпоночное соединение с петлевыми гибкими связями является эффективным способом устройства вертикальных стыков стеновых панелей в таких зданиях [2].

Важной характеристикой стыков является податливость, величина обратная жесткости. Увеличение податливости стыков, особенно при сейсмических воздействиях, снижает общую жесткость здания, что приводит к увеличению периода собственных колебаний.

Целью исследования является изучение напряженно-деформированного состояния вертикального соединения панельных стен с гибкими связями при сейсмических воздействиях различной интенсивности.

Модель одношпоночного соединения двух стеновых панелей замоделирована в ПК ЛИРА-САПР. Расчетная сейсмическая нагрузка приложена в узлах правой панели. Согласно [3] рекомендуемое значение равно 70 кН/м для 7-балльной сейсмичности и 250 кН/м для 9-балльной.

Анализ полученных результатов показал недостаточную несущую способность вертикального соединения при расчетной сейсмичности более 7 баллов. Таким образом, выявлена необходимость совершенствования узла шпоночного соединения с гибкими связями для сейсмически активных районов.

Список литературы/References

1. Федеральная служба государственной статистики: Жилищный фонд. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 29.10.2024).
2. Омельченко А.К., Пичкурова Н.С. Анализ вертикальных стыковых соединений крупнопанельных зданий в сейсмически активных районах // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2024. № 2 (13). С. 66-71.
3. Ашкинадзе Г.Н. Железобетонные стены сейсмостойких зданий. Исследования и основы проектирования / Г.Н. Ашкинадзе, М. Е. Соколов, Л. Д. Мартынова и др. – М.: Стройиздат, 1988 – 504 с.

УДК 691.175.743

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РАСЧЕТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРИ СЖАТИИ В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

ЕВСТРОПОВ Кирилл Алексеевич

аспирант Самарского государственного технического университета, Самара, Россия,
evstropovkirill163@mail.ru

REVIEW OF EXISTING CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE UNDER COMPRESSION IN REGULATORY DOCUMENTS OF DOMESTIC AND FOREIGN COUNTRIES

EVSTROPOV Kirill A.

Post-graduate student of the Department of reinforced concrete structures
Samara State Technical University, Samara, Russia, evstropovkirill163@mail.ru

В данном исследовании были рассмотрены расчеты сжатых железобетонных элементов в нормативных документах отечественных и зарубежных стран. Проведен сравнительный анализ и сделаны выводы.

В данном исследовании были приняты для расчетов сжатых железобетонных элементов нормы отечественных и зарубежных стран. Характеристики как класс бетона, класс арматуры и нагрузка были заданы одинаковые.

Были проанализированы методы расчетов сжатых железобетонных элементов при одинаковых условиях работы, проведен сравнительный анализ, сделаны выводы.

УДК 69.059.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕЩИН ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ

КАШЕВАРОВА Галина Геннадьевна

д.т.н., профессор Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, ggkash@mail.ru

КРЫЛОВ Сергей Андреевич

аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, serishca@yandex.ru

AUTOMATION OF THE CRACK DETECTION PROCESS DURING THE INSPECTION OF BRICK BUILDINGS

KASHEVAROVA GALINA G.

Doctor of Engineering, professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, ggkash@mail.ru

KRYLOV SERGEY A.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, serishca@yandex.ru

Повышение конструктивной безопасности зданий и сооружений – одно из приоритетных направлений их комплексной безопасности в РФ. Внедрение интеллектуальных технологий в экспертную деятельность инженера-строителя, связанную с обследованием строительных объектов, мотивировано необходимостью совершенствования технологии принятия решений о их безопасности, а также для оценки рисков или определения остаточного ресурса на основе выявленных дефектов в несущих и ограждающих конструкциях кирпичных зданий. В работе для автоматизации процесса обнаружения дефектов (трещин) на изображениях фасадов кирпичных зданий предложен подход, и программа с использованием сверточной нейронной сети. Описаны методы формирования обучающей выборки и процесса обучения сети с учетом особенностей решаемой задачи. Обучение выполнялось с помощью метода обратного распространения ошибки. В ходе работы получены следующие результаты: определены наиболее рациональные показатели метрик (время обучения, точность, полнота) при различном количестве эпох обучения (полных проходов по всему обучающему набору данных). Проведена проверка качества обучения: определено оптимальное количество эпох и оптимальный баланс между точностью и скоростью результатов решения. Проведено сравнение точности определения дефектов с зарубежной разработкой.

БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ ПОКРЫТИЕ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ УКРУПНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

РАЗЗАКОВ Нурмухаммадхон Саидмахсуд углы

доктор философии по технических наукам (PhD), старший научный сотрудник научно-производственного объединения «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», Жамбай, Узбекистан. Старший преподаватель Самаркандский государственного архитектурно-строительного университета. Самарканд, Узбекистан npl-spk@list.ru.

LONG-SPAN ROOFS FOR UNIQUE BUILDINGS MADE OF ENLARGED ELEMENTS

RAZZAKOV Nurmukhammadkhon Sayidmahsud ugli.

Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), senior researcher at the research and production association "Spatial structures, seismic resistance of buildings and structures", Zhambay, Uzbekistan. Senior lecturer at Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering. Samarkand, Uzbekistan

В работе представлены результаты исследований большепролетных оболочечных конструкций покрытий уникальных зданий [1]. Разработаны эффективные конструктивные решение оболочек покрытия для зданий пролетом до 60 м с применением метода монтажа укрупнённых элементов. Для пролетов от 60 до 100 м и выше, разработаны комбинированный метод монтажа оболочек с помощью сплошных лесов с разреженными опорами с методами укрупнения монтажных элементов [2]. Экспериментальными методами моделирования исследован, напряженно-деформированного состояния, разработан методика расчета и рациональных способов возведения [2,3]. Внедрение полученных результатов в большепролетных уникальных зданиях, архитектурно выразительных формах оболочек покрытий, обеспечить их экономичности в стадиях изготовления, возведения и эксплуатации с учетом региональных особенностей, развивает и расширяет строительной отрасли в данном направлении.

Список литературы / References

1. Лебедева И.В., Петрова Т.А. Анализ современных подходов к оценке надежности в строительстве. Вестник НИЦ «Строительство», 2023, 38: 20-36. <https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3> [38]-20-36. [Lebedeva I.V., Petrova T.A. Analysis of modern approaches to assessing reliability in construction. Bulletin of the Scientific Research Center "Construction", 2023, 38: 20-36. <https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3> [38]-20-36.]
2. Razzokov N.S. International Science and Modeling the Construction Stages of Large Span Spatial Unique Buildings of Complex Geometry/Modeling and methods of structural analysis. JOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series: 1425 (2020) 012100 doi: 10.1088/1742-6596/1425/1/012100.
3. Колчунов В.И., Андросова Н.Б., Ключева Н.В., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М.: Издательство АСВ. 2014. - 208 с. [Kolchunov V.I., Androsova N.B., Klyueva N.V., Bukhtiyarova A.S. Survivability of buildings and structures under beyond-design influences. M.: Publishing house ASV. 2014. - 208 p.]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ВИСЯЧИХ ОБОЛОЧЕК УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

АХМАДИЁРОВ Улуғбек Солижонович к.т.н., профессор, Ташкент ГАСУ, г. Самарканд, Узбекистан. Старший научный сотрудник, Научно-производственное объединение «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», г. Жамбай, Узбекистан. npl-spk@list.ru

РАЗЗАКОВ Нўъмонхон Сайидмахсудович старший преподаватель кафедры «Строительная инженерия» Самаркандский ГАСУ, г. Самарканд, Узбекистан. Научный сотрудник, Научно-производственное объединение «Пространственные конструкции, сейсмостойкость зданий и сооружений», г. Жамбай, Узбекистан npl-spk@list.ru.

TAKING INTO ACCOUNT THE STAGE OF THE OPERATIONAL CONDITION OF LARGE-SPAN HANGING SHELLS

Akhmadiyrov Ulug'bek Solijonovich candidate of technical sciences, professor, Tashkent state architectural and construction university. Tashkent, Uzbekistan. Leading Researcher, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. npl-spk@list.ru.

Razzakov No'monxon Saidmakhsudovich, head teacher of the department "Construction Engineering" Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering Senior Researcher, Scientific and Production Association "Spatial Structures, Seismic Resistance of Buildings and Structures", Zhambay, Uzbekistan. npl-spk@list.ru.

Исследуется напряженно-деформированного состояния висячих систем опорных контуров в стадиях предварительного натяжения вант, а также в монтажных и эксплуатационных состояниях [1,2]. Выявлен характер работы висячих систем и опорных колец в зависимости от вида и уровня нагружения, безмоментного или изгибного состояния кольца, а также взаимной связанности поясов вант.[1] Исследована конструктивная безопасность висячих систем при случайных запроектных воздействиях [3], приводящих к перегрузке отдельных участков, обрыву вант, отказу анкерных креплений, податливости опорных контуров, изменению начальных геометрических форм кольца. Результаты проведенных исследований способствуют развитию инженерных методов расчета, совершенствованию нормативных документов, что позволит рекомендовать более широкое внедрение круглых большепролетных предварительно напряжённых висячих покрытий в строительство уникальных зданий и сооружений.

Список Литературы/ References

1. Волводин. Предварительно напряженные системы элементов конструкций. –М.: Стройиздат, 1989. –304 с. [Volvodin. Prestressed systems of structural elements. –M.: Stroyizdat, 1989. -304 p.]
2. Razzakov S.R. Axmadiyrov U.S., Razzakov N.S. Modeling of stage of construction end operation of unique large-span structures / Modeling and methods of structural analysis. JOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf: Series: 1425(2020) 012100 doi: 10.1088/1742-6596/1425/1/012100.
3. Кабанцев О.В. Тамразян А.Г. Учет изменений расчётной схемы при анализе работы конструкции// Инженерно-строительный журнал, 2014, № 5. –С. 15-26. [Kabantsev O.V. Tamrazyan A.G. Accounting for changes in the calculation scheme when analyzing the work of the structure// Civil Engineering Journal, 2014, № 5. – pp. 15-26.]

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА УДАРНИКА НА ПРОНИКАНИЕ И ДИАМЕТР КРАТЕРА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ УДАРАХ

БАБАРЫКИНА Анна Игоревна

инженер-исследователь Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия, babarykina.anna.i@yandex.ru

THE INFLUENCE OF PROJECTILE MATERIAL ON PENETRATION DEPTH AND CRATER DIAMETER IN HIGH-VELOCITY IMPACTS

BABARYKINA Anna I.

Research Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, babarykina.anna.i@yandex.ru

Серия экспериментов, проведённая с помощью баллистической установки в диапазоне скоростей 400–450 м/с, включала испытания бетонной мишени класса В60 с двумя типами ударников: стальным и свинцовым шариками. Результаты показали, что при одинаковых размерах стальной ударник проникал в мишень в среднем на 34% глубже, а диаметр кратера был на 7% меньше, чем у свинцового. Аналогичные результаты приводятся в исследованиях [1] и [2]. Это объясняется тем, что уменьшение предела текучести материала ударника снижает затраты энергии на его деформацию, что ускоряет его разрушение и уменьшает глубину проникания.

Список литературы / References

1. Рей Кинслоу Высокоскоростные ударные явления [Текст] / Рей Кинслоу — 1-е изд. — Москва: Издательство "Мир", 1973 — 528 с.
2. Федоров С. В., Велданов В. А., Смирнов В. Е. Численный анализ влияния скорости и прочности удлиненных ударников из высокоплотного сплава на глубину их проникания в стальную преграду // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2015. №1 (100).

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ЭПОКСИДНОГО КОМПОЗИТА И ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ С ЦЕМЕНТНЫМ БЕТОНОМ В ЗОНЕ ИХ АДГЕЗИОННОГО КОНТАКТА

ГИЗДАТУЛЛИН Антон Ринатович, antonchiks@mail.ru, +7 917 287 44 66
Главный инженер ООО «КАЗИНЖПРОЕКТ»

ХОЗИН Вадим Григорьевич, khozin.vadim@yandex.ru, +7 903 342 32 95
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

В предположении взаимного усиления двух разных по химической природе и механическим свойствам материалов в условии прочного адгезионного контакта, а именно, эпоксидного полимера и цементного бетона, проведены экспериментальные исследования бетонных балок, армированных полимеркомпозитной арматурой (ПКА) на эпоксидном связующем, и железобетонных балок с покрытиями поверхностей растянутой зоны из эпоксидной композиции «холодного» отверждения. Установлено, что в балках, армированных ПКА малых диаметров (с большой удельной поверхностью контакта с бетоном) выше изгибная жесткость и несущая способность, чем в бетонных балках, армированных ПКА больших диаметров с равновеликой суммарной площадью сечения, что объясняется «сдерживающим» влиянием жесткой бетонной матрицы на деформирование податливого эпоксидного композита в зоне прочного адгезионного контакта. В варианте ЖБ-балок с эпоксидным покрытием растянутой зоны, цементный бетон в прилегающей к покрытию зоне (3-4 см от контактной границы) деформируется вместе с покрытием без трещинообразования; трещины «зарождаются» за пределами 3-4 см полосы при величине изгибающего момента более чем в 2 раза большей, чем в ЖБ-балках без покрытия, имея ширину раскрытия меньшую в 5-10 раз. Оба эффекта «деформационного стеснения» целесообразно учитывать при проектировании бетонных изгибаемых конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах.

Список литературы / References

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие – 4-е испр. И доп. изд/ под ред. А.А. Берлина. – СПб. ЦОП «Профессия». 2014. – 592с.
2. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров.- Казань: Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. – 446 с.
3. Хозин В.Г., Гиздатуллин А.Р. Совместимость полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном в конструкциях// Строительные материалы, 2017 №11, с. 30-38.

УДК 624.014.2

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ И ПОВРЕЖДЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И НАПОРНЫХ ТРУБ ПОЛИМЕРНЫМИ АДГЕЗИВАМИ

СТРОГАНОВ Виктор Федорович

д.х.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, svf08@mail.ru

ВДОВИН Евгений Анатольевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, vdovin@kgasu.ru

СТРОГАНОВ Иван Александрович студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, onl1ne_g4mer@mail.ru

FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF HARDENING DEFECTIVE AND DAMAGED BUILDING STRUCTURES AND PRESSURE PIPES WITH POLYMER ADHESIVES

STROGANOV Victor F. Doctor of Chemical Sciences, professor Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, svf08@mail.ru

VDOVIN Evgeny A. Candidate of Technical Sciences, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, vdovin@kgasu.ru

STROGANOV Ivan A. Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, onl1ne_g4mer@mail.ru

Сталежелезобетонные конструкции, применяют в условиях противостояния высоким нагрузкам при небольших сечениях. Среди ответственных областей применения таких конструкций – уникальные сооружения (блоки отделки тоннелей, напорные трубы) [1]. Рассмотрены особенности технологии упрочнения при ремонте дефектных напорных труб полимерными адгезивами (предотвращение образования слабых пограничных слоев высокополярных субстратов и препятствия протеканию процессов избирательной сорбции компонентов адгезива, повышения адгезионной прочности и снижения уровня остаточных напряжений, образующихся в процессе формирования и эксплуатации изделий) [2]. Выбор вида модификатора, соотношение компонентов влияет на частоту сшивки, полярность, гибкость фрагментов, цепей сетчатого полимера и на нивелирование жесткости эпоксидных адгезивов. Разработанная эпоксидная композиция сочетает низкую вязкость (0,4-0,6 Па·с) с высокими адгезионными и деформационными характеристиками: прочность при сдвиге по стали и металлу 20-25 МПа, прочность на разрыв 45-50 МПа, относительное удлинение 5-7%. Надежность изделий оценивался при гидравлических испытаниях на 1 МПа. По комплексу свойств композиционный материал значительно превосходит аналог Araldit K-79 Kit (Giba Geigy, Швейцария).

Список литературы/References

1. Valiev A.I., Starovoitova I.A., Suleymanov A.M. Adhesive interaction in hybrid polymer composites. Energy characteristics of phases at the air interface//Architecture and Engineering, 2024. - №1 (19). - P. 61-70.

2. Stroganov V.F., Stoyanov O.V., Stroganov I.V. Eduard Kraus Functional modification effect of epoxy oligomers on the structure and properties of epoxy hydroxyurethane polymers//Advances in Materials Science and Engineering, 2018. - № 16, P. 1-16.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

доктор технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация mirsayapovit@mail.ru

МИНЗЯНОВ Рустам Ильдарович

старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация minzianovrustam@gmail.com

ХОРЬКОВ Евгений Владимирович

старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
evg-ne@mail.ru

ВАГИЗОВ Марат Ринатович

инженер-проектировщик, ООО «ПКФ "КАРКАС"», г. Казань, Российская Федерация,
vagizovm2001@gmail.com

ШУЛАЕВА Дарья Андреевна

инженер-проектировщик, ООО «ГИЦ», г. Казань, Российская Федерация,
shulaeva_202@mail.ru

EXPERIMENTAL STUDY OF THE BONDING OF STEEL PROFILED REINFORCEMENT WITH CONCRETE

MIRSAYAPOV Ilshat T.

Doctor of Engineering, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, mirsayapovit@mail.ru

MINZIANOV Rustam I.

Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, minzianovrustam@gmail.com

KHORKOV Evgeny V.

Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, evg-ne@mail.ru

VAGIZOV Marat R.

design engineer, LLC «PKF "KARKAS"», Kazan, Russian Federation,
vagizovm2001@gmail.com

SHULAEVA Daria A.

design engineer, LLC «GIC», Kazan, Russian Federation, shulaeva_202@mail.ru

В работе проведены экспериментальные исследования по изучению:

- зависимости сцепления профилированной арматуры от длины заделки;
- напряженно-деформированного состояния бетона в области силового взаимодействия арматуры периодического профиля с бетоном;
- получение материала для сопоставления с результатами теоретических исследований.

Для решения поставленных задач были изготовлены железобетонные образцы-призмы различных размеров с заделанной в них стальной

профилированной арматурой. В образцах предусмотрены ПВХ-трубы у основания призмы для уменьшения эффекта клина уплотнения. Под названием «образец» той или иной серии принимается один стержень, заделанный в бетонную призму.

Исследование производили при вытягивании центрально расположенных стержней из бетонных призм. Бетонные призмы изготовлены в опалубке с дополнительной установкой каркасов для уменьшения эффекта усадки бетона. Было проведено 6 серии испытаний со стержнями класса А500С диаметром 14 мм, которые имели длину заделки в бетоне, равную 5d, 6.5d, 8d. Усилие в стержне создавали ступенями домкратом. Эксперимент проводился с специально изготовленной стальной траверсе.

Перед испытанием была приложена пробная нагрузка для опробования установки и контроля работы приборов. Нагрузка на стержень прикладывалась и снималась этапами, на начальных этапах 10-12% от разрушающей нагрузки, в дальнейшем 15-20%. Определение усилия производится по показаниям силовой установки, прошедшей тарировку в комплекте с рабочим гидродомкратом и гидрошлангами. Определение скорости поднятия нагрузки – по секундомеру (одна ступень нагружения – 30 сек.), время выдержки – 5 – 10 минут на каждом этапе передачи нагрузки.

Для изучения сцепления арматуры различного периодического профиля с бетоном замеряются смещения нагруженного и ненагруженного концов стержня относительно не вовлеченных в работу слоев бетонной призмы. Измерение смещений нагруженного и ненагруженного концов арматуры относительно бетона производится с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01мм с использованием крепежной оснастки в виде специальных трубочин. Измерение НДС бетона и арматуры производится при помощи тензорезисторов и Аппарата испытания диэлектриков.

Список литературы / References

1. Jensen T.W., Poulsen P.N., Hoang L.C. Limit analysis of reinforced concrete slabs with construction joints. Eng Struct 2020;205:110062. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110062>.
2. Mostofinejad D., Ali Naderi N.J., Mostofinejad A., Salehi M. Effects of openings on the punching shear strength of reinforced concrete slabs. Structures 2020;25:760-773. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.03.061>.
3. Mabrouk R.T.S., Bakr A., Abdalla H. Effect of flexural and shear reinforcement on the punching behavior of reinforced concrete flat slabs. Alexandria Eng Journal 2017;56:591-599. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.05.019>.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА УСИЛЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТОГО КИРПИЧНОГО ПРОСТЕНКА

ФАБРИЧНАЯ Ксения Александровна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, fabrichnayak@list.ru

INFLUENCE OF THE REINFORCEMENT METHOD ON THE STRESS-STRAIN STAGE OF AN ECCENTRIC COMPRESSED BRICK WALL

FABRICHNAYA Kseniya A.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, fabrichnayak@list.ru

При реконструкции зданий промышленного назначения с несущими кирпичными стенами, возникает необходимость усиления простенков с пилястрами на которые опираются конструкции покрытий. Известны разные варианты конструктивных решений - с использованием стальных обоев [1], бетонных элементов [2], частным случаем которых является комплексное сечение [3]. Расчетные формулы, приведенные в СП и пособиях позволяют оценить усиление центрально сжатых элементов. Для уточнения фактической несущей способности и сравнения эффективности конструктивных решений выполнены экспериментальные исследования н.д.с. внецентренно - сжатых простенков сложной формы, усиленных стальной обоймой и комплексным сечением.

Список литературы / References

1. Орлович. Р.Б. Анализ эффективности усиления каменных простенков/Р.Б. Орлович, С.С. Зимин, А.Б. Антаков// VI Международная (XII Всероссийская) конференция Строительство и застройка: жизненный цикл –2022. Чебоксары: ИД «Среда» 2022. – С. 83–93.[Orlovich R.B. Analysis of the effectiveness of strengthening stone protuberances/R.B. Orlovich, S.S. Zimin, A.B. Antakov// VI International (XII All-Russian) Conference Construction and development: life cycle – 2022 (CDLC – 2022). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2022. – P. 83–93.]
2. Желнинский В. А., Макаров О. В., Микуляк И. Р. Сравнение усиления вертикальных конструкций за счет устройства железобетонных и каменных обоев и подклеивания композитных материалов // Экономика строительства. 2023. №5. С. 67-69. [Zhelninsky V.A., Makarov O.V., Mikulyak I.R. Comparison of the strengthening of vertical structures due to the installation of reinforced concrete and metal clips and gluing composite materials// Economics of construction. 2023. №5. P. 67-69.]
3. Бубис А.А. Результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований взаимодействия между слоями каменно-монолитных стен// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. № 2. С. 12-16. [Bubis A.A. Results of experimental and theoretical calculations of the interaction between layers of stone-monolithic walls // Earthquake-resistant construction. Safety of structures. 2017. № 2. P. 12-16.]

УДК: 624.048

СОЗДАНИЕ, РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ АВТОРСКОЙ ТЕОРИИ СИЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ СЖАТИЮ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

НИКИТИН Георгий Петрович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, gpnikitin-51@yandex.ru

СИМАКОВ Василий Дмитриевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, VasiliSimakov86@mail.ru

ПАВЛОВ Валерий Вадимович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, newtura@mail.ru

CREATION, DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE AUTHOR'S THEORY OF FORCE RESISTANCE OF ANISOTROPIC MATERIALS TO COMPRESSION IN DESIGNING BUILDINGS AND STRUCTURES

NIKITIN Georgy P. Candidate of engineering sciences, associate professor of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, gpnikitin-51@yandex.ru

SIMAKOV Vasily D. Candidate of engineering sciences, associate professor of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, VasiliSimakov86@mail.ru

PAVLOV Valery V. Candidate of engineering sciences, associate professor of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, newtura@mail.ru

Созданная теория сопротивления анизотропных материалов (бетон, железобетон, каменные и армированные кладки) сжатию базируется на гипотезе о характере их разрушения, которое происходит в результате преодоления сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию. На ее основе созданы методы расчета стеновых панелей крупнопанельных зданий различных конструктивных решений, узлов и стыков железобетонных и каменных конструкций по 1 и 2 группам предельных состояний. Проведенные численные и экспериментальные исследования различных конструкций, подтвердили выдвинутую гипотезу. В СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» включена методика расчета, основанная на рассматриваемой теории. В докладе на конференции будут приведены основные результаты исследований авторов, в том числе выполненные в настоящее время с учетом диаграммных методов расчета, позволяющие автоматизировать процесс проектирования.

УДК 691.175.743

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОЛУШПАЛ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, mirsayapovit@mail.ru

ЛИМ Владимир Александрович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, vladimir.lim1997@mail.ru

МИРСАЯПОВ Арслан Илшатович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

ASSESSMENT OF CRACK RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE HALF-TIMBERS FOR THE SUBWAY

MIRSAYAPOV Ilshat T.

Doctor of Engineering, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapovit@mail.ru

LIM Vladimir A.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, vladimir.lim1997@mail.ru

MIRSAYAPOV Arslan I.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

Метрополитен является самым нагруженным видом общественного транспорта в большинстве городов, где он присутствует. В настоящее время большую популярность набирает технология LVT (Low Vibration Track – путь пониженной вибрации). Технология LVT является современной швейцарской разработкой, которая может помочь транспортной отрасли избежать негативных последствий, связанных с вибрационной нагрузкой. Железобетонные полушпалы являются специальными конструкциями, имеющие повышенные требования к прочности и трещиностойкости. Руководствуясь действующими сводами Правил, установлено, что при испытании на трещиностойкость шпалы должны выдерживать без появления видимых трещин контрольные нагрузки порядка 123 кН (12,5 тс), следовательно, полушпала должна выдерживать нагрузку порядка 61,5 кН (6,25 тс). Приводятся результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния железобетонных полушпал при статическом нагружении, характер образования и развития трещин и разрушения.

УДК: 624.03; 624.046.2; 624.272

ПРЕДНАПРЯЖЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В УНИВЕРСИТЕТЕ Г.КОГАЛЫМ

СИМАКОВ Василий Дмитриевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, VasiliiSimakov86@mail.ru

PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES OF BRIDGE CROSSINGS AT THE UNIVERSITY OF KOGALYM

SIMAKOV Vasily D.

Candidate of engineering sciences, associate professor of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, VasiliiSimakov86@mail.ru

Недавно построенный Университет в г. Когалым предназначен для обучения специалистов топливно-энергетической отрасли и имеет важное значение для России. Университет обладает развитой инфраструктурой и нестандартными архитектурными решениями, позволяющими органично вписать современное высокотехнологичное здание в окружающую его дикую природу. Инженерами-конструкторами были спроектированы нестандартные и технически сложные конструкции, которые подтвердили свою надежность по прошествии года эксплуатации. Среди них – преднапряженные мостовые переходы. Они соединяют противоположные стороны внутренних улиц внутри здания, но не перпендикулярно, как, например, в здании Московского ГУМа, а под углом плане, что значительно удлиняет пролеты и увеличивает внутренние усилия в как самих мостах, так и в смежных с ними элементах несущего каркаса. Преднапряжение позволило организовать большие пролеты и значительно уменьшить вес строительных конструкций, выполнить их максимально изящными, получить экономию стали и бетона. Анализ и описание принятого нестандартного конструктивного решения, основываясь на успешном опыте эксплуатации, позволит применить его в будущем.

КОНСТРУКЦИИ ПОДАТЛИВЫХ УЗЛОВ В ЗДАНИЯХ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

АБДРАХИМОВА Наталья Сергеевна

к.т.н., старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, Lis258.86@mail.ru

STRUCTURES OF MALLEABLE JUNCTIONS IN BUILDINGS DESIGNED FOR DYNAMIC IMPACTS

ABDRAKHIMOVA NATALJA S.

candidate of technical sciences, senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, Lis258.86@mail.ru

Прогноз реакции здания на деформацию, вызванную динамическим воздействием, и определение ее допустимого значения, позволяет избежать негативных последствий в процессе строительства и эксплуатации высотных зданий. Допустимые значения деформаций могут зависеть от многих факторов, одним из которых является тип конструкции узлов сопряжения элементов здания. [1]

Разработана концепция, направленная на создание высотных зданий, способных противостоять динамическим воздействиям. В рамках этой концепции предлагается использовать системы контролируемого деформирования, которые предполагают оснащение здания в области узлов сопряжения податливыми узлами, конструкции которых запрограммированы на восприятие конкретной деформации, выраженной в численном эквиваленте.

Предложена к применению аналогичная конструкция податливого узла [2], позволяющая получать податливые элементы с заранее заданными физико-механическими свойствами. Применение данной конструкции дает возможность изменять диаграмму работы всего узла в зависимости от расчетного средства.

Список литературы/ References

1. Фабричная К.А., Абдрахимова Н.С., Альтапов С.Р. Особенности моделирования каркаса здания с учетом податливости узлов сопряжения при ветровых воздействиях // Известия КГАСУ. 2016. №4(38). С.255-261. [Fabrichnaya K.A., Abdrakhimova N.S., Altapov S.R. Features of the building frame modelling taking into account compliance with interface nodes wind impacts // Izvestiya KGASU. 2016. №4(38). P.255-261.]
2. Пат. 930226466А Российская Федерация, МПК F41H11/00 Податливый узел защитного сооружения // Коростелев С.П., Строкач А.А.; заявл.18.05.1993; опубл. 20.03.1997-1с. [Pat. 930226466A Russian Federation, МПК F41H11/00 The malleable node of the protective structure // Korostelev S.P., Strokach A.A.; app.18.05.1993; publ. 20.03.1997.-1p.]

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ПАНЕЛЬНОГО ДОМА, МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СЕРИИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ

МИРОНОВА Юлия Викторовна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия yul.mironova2018@mail.ru

МАЛОНГО Жозуе Манзабе

Студент магистратуры Казанский государственный архитектурно-строительный университет, djodjomanzabe@gmail.com

MEASURES TO INCREASE THE RESISTANCE OF A PANEL HOUSE, MODERNIZED SERIES OF PROGRESSIVE COLLAPSE

MIRONOVA Julia V.

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia yul.mironova2018@mail.ru

MALONGO Josué Manzabe.

Graduate student of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, djodjomanzabe@gmail.com

В последнее время увеличилось количество аварийных ситуаций различного характера, негативно влияющих на здания и сооружения, вопрос по повышению сопротивляемости прогрессирующему обрушению становится актуальным и значимым при проектировании любых конструкций, в том числе для сборных крупнопанельных зданий. Так как слабыми местами сборных железобетонных конструкций являются стыки, необходимо обеспечить их сопротивляемость запроектным нагрузкам и воздействиям. Решить эту проблему можно путем модернизации типовых конструктивных решений.

Список литературы / References

1. Федорова Н.В., Савин С.Ю. Анализ особенностей сопротивления прогрессирующему обрушению конструктивных систем зданий и сооружений при внезапных структурных перестройках: аналитический обзор научных исследований. // Строительство и реконструкция. 2021. №3 С. 76-108. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108>.
2. Juliya Mironova. Structural solution of the horizontal joint of floor slabs in girderless frame // 2 International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE –2021). 2021. Vol. 274 P.1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/202127403017

УДК 691.328.4

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ ПОД НАГРУЗКОЙ

АНТАКОВ Игорь Андреевич

старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, igor788@bk.ru

FEATURES OF BEHAVIOUR FLEXURAL MEMBERS WITH FIBER- REINFORCEMENT REINFORCEMENT UNDER LOAD

ANTAKOV Igor A.

senior lector, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, igor788@bk.ru

Работа изгибаемых элементов с полимерной композитной арматурой под нагрузкой имеет ряд принципиально отличающихся от железобетона особенностей, что является следствием различий в физико-механических свойствах композитной и стальной арматур: диаграмма деформирования композитов имеет прямолинейную форму, из-за чего зависимость между величинами изгибающего момента и прогибами балок имеют, преимущественно, билинейную форму, соответствующие работе изгибаемого элемента без трещин и с трещинами [1, 2]; из-за относительно низкого модуля упругости композитов прогибы балок и ширина раскрытия трещин выше, чем у железобетонных аналогов, меньше высота сжатой зоны в нормальном сечении, в процессе нагружения происходит «разветвление» трещин у растянутой грани элемента [2]; композитная арматура имеет иной механизм сцепления с бетоном, а величины сцепления могут значительно отличаться в зависимости от типа поверхности, вида волокна и связующего [3].

Разработка действующих методик расчета конструкций с композитной арматурой производилась путем адаптации существующих методик расчета железобетонных конструкций, за счет введения и корректировки различных эмпирических коэффициентов. При этом многие исследования показывают несовершенство действующих методик расчета.

Список литературы / References

1. Attia K., El Refai A., Alnahhal W. Flexural behavior of basalt fiber-reinforced concrete slab strips with BFRP bars: experimental testing and numerical simulation // Journal of composites for construction. 2020. Vol. 24. Iss. 2. P. 04020007
2. Мирсаяпов, И.Т., Антаков И. А., Антаков А.Б. К расчету прогибов изгибаемых бетонных элементов, армированных композитной полимерной арматурой // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – № 4. – С. 413-428.
3. Хозин В.Г., Гиздатуллин А.Р. Совместимость полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном в конструкциях // Строительные материалы. 2017. № 11. С. 30-38.

УДК 699.88

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ЖЁСТКОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

САВКИНА Софья Сергеевна

студентка Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, sav.sofya@mail.ru

ПАВЛОВ Валерий Вадимович

К.т.н., доцент кафедры Железобетонные и каменные конструкции Казанского
государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия,
newtura@mail.ru

A CONSTRUCTIVE SOLUTION TO INCREASE THE RIGIDITY OF OPERATED LARGE-PANEL BUILDINGS

SAVKINA Sofya S.

student of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia,
sav.sofya@mail.ru

PAVLOV Valery V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Reinforced
Concrete and Stone Structures of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering,
Kazan, Russia, newtura@mail.ru

Повышение жёсткости крупнопанельных зданий позволяет обеспечить их дальнейшую надёжную эксплуатацию, поскольку позволяет исключить деформационные процессы в стыках и узлах стеновых панелей и как следствие возникновение в них трещин и сколов, приводящих впоследствии к промерзанию и продуванию. Для реализации этой задачи в уровне подвального технического этажа вводятся в работу новые монолитные железобетонные элементы, которые в совокупности с существующими цокольными панелями образуют жёсткую коробчатую сборно-монолитную конструкцию.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ СТАЛЬНОГО ДВУТАВРА С БЕТОНОМ В СТАЛЕБЕТОННОЙ БАЛКЕ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович¹

доктор технических наук, доцент, mirsayapovit@mail.ru

ГИМАТДИНОВ Ильнур Мансурович¹

Аспирант, akkfok@mail.ru

¹-Казанский государственный архитектурно-строительный университет

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ADJECTION OF A STEEL I-BEAM WITH CONCRETE IN A STEEL CONCRETE BEAM

MIRSAYAPOV Ilshat T¹.

Doctor of Engineering, associate professor, mirsayapovit@mail.ru

GIMATDINOV Inur M¹.

Graduate student, akkfok@mail.ru

¹-Kazan State University of Architecture and Engineering

В настоящей работе проведены экспериментальные исследования по изучению:

- напряженно-деформированного состояния сталебетонной балки;
- сцепления стального элемента с бетоном;
- напряженно-деформированного состояния бетона и стального двутавра в области их сцепления;
- характера разрушения сталебетонной балки;
- сходимости с результатами теоретических исследований.

Для экспериментальных исследований была изготовлена сталебетонная балка длиной 1,5 метра с конструктивно уложенной сеткой.

Нагрузка прикладывалась этапами, на начальных этапах 10% от разрушающей нагрузки. Измерение деформаций бетона и стали производится при помощи тензорезисторов и Аппарата испытания диэлектриков. Прогобы возникающие при нагружении измеряются прогибомером.

Список литературы/References

1. Ильшат Т.Мирсаяпов, И.М.Гиматдинов Исследование напряженнодеформированного состояния сталежелезобетонных балок с частичной заделкой двутавровых сечений в бетоне // Известия КГАСУ 2022 №3(61) с.56-66, DOI:10.52409/20731523_2022_3_56, EDN: FDMELF.
2. Мирсаяпов Илшат Т., Гиматдинов И.М. Исследование сталежелезобетонной балки с частичной заделкой двутаврового сечения в бетоне на основе диаграммного метода расчета // Известия КГАСУ 2023 №2(64) с.6-16, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_6, EDN: ZVRIMO.

УДК 691.175.743

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПОЛУШПАЛЫ

МИРСАЯПОВ Илшат Талгатович

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой ЖБК, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия, mirsayapovit@mail.ru

ПАВЛОВ Максим Николаевич

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, pavlov.m.n@bk.ru

МИРСАЯПОВ Арслан Илшатович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A REINFORCED CONCRETE HALFPIPE

MIRSAYAPOV Ilshat T. Doctor of Engineering, associate professor, Head of the Department RCS, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, mirsayapovit@mail.ru

PAVLOV Maksim N.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, pavlov.m.n@bk.ru

MIRSAYAPOV Arslan I.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных полушпал заводского образца. Для анализа напряженно-деформированного состояния использовался программный комплекс ANSYS[1]. Исследования проводилось на статическое нагружение до разрушения образцов, имитируя лабораторные испытания на прессе. Для бетона принята экспоненциальная диаграмма деформирования бетона в ПК ANSYS задана теория прочности и пластичности Menetrey-Willam модель разупрочнения бетона HSD 6 (Hardening-Softening and Dilatation). Для арматуры принята двухлинейная диаграмма деформирования стали в ПК ANSYS задана теория изотропного упрочнения (Multilinear Isotropic Hardening).

Целью является определение трещиностойкости и несущей способности полушпал и выполнение сравнительного анализа между численным расчетом и физическим экспериментом.

Список литературы / References

1. Мирсаяпов, И. Т., Апзадзе Г.Т., Симаков В.Д. Численный анализ нелинейного поведения железобетонных конструкций на твердотельных моделях. Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – 211 с. – ISBN 978-5-7829-0607-8. – EDN FWGPIQ.

УДК 624.012.4

ДИАГРАММНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СТЫКОВ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ

МИРОНОВА Юлия Викторовна

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия yul.mironova2018@mail.ru

ХАРИТОНОВ Илья Федорович

аспирант КГАСУ, Казань, Россия

DIAGRAMMATIC METHODS FOR CALCULATING JOINTS

MIRONOVA Julia V.

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia yul.mironova2018@mail.ru

KHARITONOV Ilya Fedorovich

postgraduate student, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

В последние годы в проектировании активно используются диаграммные методы расчета, позволяющие точно определить надежность прочностных и деформативных свойств материалов. В связи с большим количеством аварийных воздействий на здания и сооружения остро стоит вопрос обеспечения сопротивляемости прогрессирующему обрушению. При этом, нормы рекомендуют учитывать запредельные свойства материалов для того, чтобы обеспечить необходимое время для эвакуации людей. На основе рекомендаций СП невозможно оценить запредельные свойства, поэтому необходимо вводить в расчет реальные диаграммы деформирования материалов.

Список литературы/ References

1. Федорова Н.В., Савин С.Ю. Анализ особенностей сопротивления прогрессирующему обрушению конструктивных систем зданий и сооружений при внезапных структурных перестройках: аналитический обзор научных исследований. // Строительство и реконструкция. 2021. №3 С. 76–108. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108>. [Fedorova N.V., Savin S. Yu. Progressive collapse resistance of facilities experienced to localized structural damage - an analytical review // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2021. №3 P. 76–108. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108>]
2. Люблинский В.А., Миронова Ю.В. Повышение сопротивляемости штепсельного стыка колонн прогрессирующему обрушению // Строительство и реконструкция. 2022. №5. С. 57-66. doi.org/10.33979/2073-7416-2022-103-5-57-66 [Lyublinskiy V.A., Mironova J.V. Increasing the resistance of the plug joint of columns to progressive collapse // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2022. №5 P. 57–66/ doi.org/10.33979/2073-7416-2022-103-5-57-66]

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРУЧЕНИЮ

ГВОЗДИКОВ Никита Денисович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, nikita.gvozdikov@yandex.ru

RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS TO TORSION

GVOZDIKOV Nikita D.

Postgraduate student of Kazan State University of Architecture and Building Construction,
Kazan, Russia, Nikita.gozdikov@yandex.ru

Представлены результаты экспериментального и аналитического исследования железобетонных элементов на кручение. В качестве образцов использовались балочные элементы прямоугольного и Т-образного сечения, армированные продольной и поперечной арматурой. Экспериментальная часть включала испытания образцов под действием крутящего момента до предельного состояния с фиксацией параметров деформаций и трещинообразования. Для аналитического анализа использовался метод конечных элементов, адаптированный для условий кручения, с учетом нелинейных характеристик материалов. В расчетах учитывались свойства бетонной смеси и тип армирования, а также влияние факторов, таких как влажность и температура.

Исходя из анализа экспериментальных данных, могут быть разработаны рекомендации для проектировщиков, касающиеся выбора типов армирования, форм сечений и материалов для повышения устойчивости конструкций к комбинированным нагрузкам.

Список литературы/ References

1. Филатов П.И. Сопротивление железобетонных балок кручению / П.И. Филатов // Журнал "Строительные конструкции". – 2015. – Т. 4. – С. 23–31.
2. Коршунов В.Н. Основы проектирования железобетонных конструкций, работающих на кручение / В.Н. Коршунов, О.А. Михеев // Труды МГСУ. – 2017. – № 3. – С. 45–52.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПУСТОТАМИ

Мирсаяпов Илшат Талгатович

доктор технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация mirsayapovit@mail.ru

Трунов Алексей Николаевич

аспирант Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация walk210796@gmail.com

DESIGN SOLUTIONS FOR FLOOR PLATES WITH CYLINDRICAL VOIDS

Mirsayapov Ilshat T.

Doctor of Engineering, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, mirsayapovit@mail.ru

Trunov Alexey N

graduate student, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russian Federation

Перекрытия зданий и сооружений являются наиболее материалоемкими конструкциями и относятся к элементам, ответственным за обеспечение конструкционной безопасности зданий и сооружений в целом. Поэтому совершенствование их методики расчета, учитывающей наличие арочного эффекта в сжатой зоне, является актуальным для уменьшения расхода материалов и снижения трудоемкости изготовления.

Для решения данных задач были рассмотрены различные варианты конструктивных решений изготовления и расчета плит перекрытия с цилиндрическими пустотами.

Были выполнены расчетные схемы с тремя вариантами исполнения пустот и выполнены численное исследование напряженно деформированного состояния данных плит.

Для уменьшения материалоемкости рассмотрены три вида пустотообразователей из эструдированного пенополистирола, пластмассы, резины.

Список литературы / References

1. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003)». -М.: НИИЖБ.
2. Тихонов И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий, пособие по проектированию. –М.: НИИЖБ, 2007

НЕЛИНЕЙНАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СП 63.13330 В СТАДИЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

ШМЕЛЕВ Геннадий Николаевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, gn.shmelev@mail.ru

ЕРЕМЕЕВ Павел Валерьевич аспирант, pavil-66@inbox.ru

ЕРЕМЕЕВ Даниил Валерьевич аспирант, eremeev_dv@inbox.ru

NONLINEAR DEFORMATION MODEL ACCORDING TO RULES 63.13330 IN A STAGED FORMULATION

SHMELEV Gennady N. Candidate of Engineering, Associate Professor, gn.shmelev@mail.ru

EREMEEV Pavel V. Graduate Student, pavil-66@inbox.ru

EREMEEV Daniil V. Graduate Student, eremeev_dv@inbox.ru

Нормативные документы в области усиления железобетонных конструкций и проектирования сборно-монолитных конструкций предписывают учет начального напряженно-деформированного состояния конструкций до усиления [1]. Расчет допускается производить с применением нормированной нелинейной деформированной модели по СП 63.13330. В явном виде расчет в несколько стадий не предусмотрен. Разработан метод расчета на основе нормированной нелинейной деформационной модели в стадийной постановке с минимальными отличиями от положений СП. Решены задачи: разработка метода расчета, реализация метода в виде универсальной программы и верификация разработанной программы. Предлагаемая универсальная нелинейная деформационная модель в стадийной постановке, позволяет в рамках одних соотношений выполнять расчеты прочности и трещиностойкости сечений конструкций при неограниченном числе стадий работы с учетом усиления, преднапряжения, начальных напряжений и циклического нагружения. Метод реализован в виде программы на языке программирования Python и верифицирован на натурном и численном экспериментах. Если принять начальные напряжения и деформации нулевыми и вести расчет в одну стадию, то предлагаемая модель сводится к модели СП 63.13330. По этой причине изменение норм по предлагаемому методу не окажет влияния на алгоритмы расчета конструкций в одну стадию, значительно увеличит область применения модели для расчета сборно-монолитных, сталежелезобетонных и усиливаемых конструкций. Повысится точность расчетов преднапряженных конструкций, появится возможность расчетов циклического нагружения сечения.

Список литературы / References

1. Еремеев Д.В., Зиннуров Т.А. К вопросу определения несущей способности усиленных балок пролетных строений мостовых сооружений // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. 2024. № 1 (5). С. 5-15.

ЧИСЛЕННЫЕ И НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ СТАЛЕБЕТОННЫХ БАЛОК

ФИЛИППОВ Денис Юрьевич

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, killum47@yandex.ru

ЗАМАЛИЕВ Фарит Сахапович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, zamaliev49@mail.ru

NUMERICAL AND NATURAL STUDIES OF PRESTRESSED STEEL CONCRETE BEAMS

FILIPPOV Denis Y.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia,
killum47@yandex.ru

ZAMALIEV Farit S.

Candidate of Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and
Engineering, Kazan, Russia, zamaliev49@mail.ru

На сегодня актуальными являются исследования преднапряженных конструкций с учетом особенностей работы сталежелезобетонного изгибаемого элемента как составного сечения. Идея предварительного напряжения достаточно широко применяется в железобетонных и металлических конструкциях. Применение предварительного напряжения в сталебетонных балках позволяет оптимизировать их материалоемкость. Приведены результаты компьютерного моделирования и результаты натуральных испытаний предварительно напряженных сталебетонных балок. Дан анализ результатов натуральных испытаний и сравнение их с данными численных экспериментов.

Список литературы / References

1. Бабалич, В.С. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России / В.С. Бабалич, Е.Н. Андросов // *Успехи современной науки.* – 2017. – №4. – С. 205–208.
2. Джонсон, Р.П. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 4: проектирование сталежелезобетонных конструкций: пер. с англ. / Р.П. Джонсон. – М.: МГСУ, 2013. – 412 с.
3. Веселов А.А., Чепилко С.О. Напряженнодеформированное состояние сталежелезобетонной балки // *Вестник гражданских инженеров.* 2010. № 2 (23). С. 31–37.

УДК 699.844

ШУМОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ СТЕН ИЗ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА КЛАДОЧНОГО РАСТВОРА

САФИН Ильдар Шавкатович

к.т.н., Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, ildar17s@yandex.ru

ПЕТРОВ Артём Сергеевич

к.т.н., Казанского государственного архитектурно-строительного университета,
Казань, Россия, ruarty@mail.ru

ПАНЧЕНКО Юлия Федоровна

к. т. н., Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия, nir@vzkg.ru

NOISE PROTECTION PROPERTIES OF THIN WALLS MADE OF SILICATE BLOCKS, DEPENDING ON THE TYPE OF MASONRY MORTAR

SAFIN Idar Sh.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of
Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, ildar17s@yandex.ru

PETROV Artem S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of
Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, ruarty@mail.ru

PANCHENKO Yulia F.

Ph.D., Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, nir@vzkg.ru

Достижение нормативной величины звукоизоляции может быть ограничено рядом факторов и параметров ограждений. Исследованиями влияния на звукоизоляцию структурной звукопередачи ограждений рассмотрены в работах [1]. В научной литературе приводятся следующие способы увеличения звукоизоляции: увеличение поверхностной плотности, применение антирезонансных панелей, применение гибких плит на отnose, введения элементов вибропоглощения [2,]. Для тонкостенных конструкций повышение звукоизоляции сводится к смещению частоты волнового совпадения в область высоких частот. В статье приводятся исследования по определению частотной характеристики конструкции и выявления области частоты волнового совпадения, для дальнейшего увеличения звукоизоляционных характеристик перегородок из силикатных плит толщиной 80 мм и плотностью 1800 кг/м³.

Список литературы / References

1. Овсянников, С. Н. Теоретические и экспериментальные исследования виброакустических систем с малым количеством элементов / С. Н. Овсянников, О. В. Лелюга. // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социальноэкономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Томск, 2019. – С. 29–39.
2. Способы повышения звукоизоляции бескаркасных сэндвич-панелей / В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, Д. В. Мониц, П. А. Гребнев, Д. С. Кузьмин. // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2 (58). – С. 32–45

Сборник тезисов Международной научной конференции
**«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ:
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ»**

Редакция и корректура авторов

Подписано в печать 07.11.2024 Формат 60x84/16 Печать ризографическая
Объем 5,75 п.л. Заказ № 134 Тираж 70 экз.

Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ.
420043, Казань, Зеленая, 1.