



I МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
КОНГРЕСС



МИНСТРОЙ
РОССИИ



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



С 1927 ГОДА

95
ЛЕТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС

Наука. Инновации. Цели. Строительство

Сборник тезисов докладов

I



УДК 69 (063)

ББК 38я43

DOI сборника <https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023>

М 43

Научные редакторы

А.И. Звездов, д-р техн. наук, профессор

И.И. Ведяков, д-р техн. наук, профессор

Д.В. Кузеванов, канд. техн. наук

О.А. Шулятьев, д-р техн. наук

Д.Е. Разводовский, канд. техн. наук

Л.Н. Смирнова, канд. техн. наук, ученый секретарь

В.Р. Фаликман, д-р материаловедения, канд. хим. наук

М.О. Павлова, канд. техн. наук

Д.В. Конин, канд. техн. наук

О.В. Кабанцев, д-р техн. наук, доцент

Д.В. Козлов, д-р техн. наук, профессор

А.Р. Туснин, д-р техн. наук, профессор

М 43 Международный строительный конгресс. Наука. Инновации. Цели. Строительство. Сборник тезисов докладов: Москва, 11–13 апреля 2023 года / Москва: АО «НИЦ «Строительство», 2023. – 237 с.

ISSN 2949-219X

Сборник тезисов докладов, представленных на I Международном строительном конгрессе – 2023 «Наука. Инновации. Цели. Строительство», Москва, 2023.

УДК 69 (063)

ББК 38я43

ISSN 2949-219X

© АО «НИЦ «Строительство», 2023

Содержание — ЧАСТЬ 1

ТЕЗИСЫ ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДОВ

Марков М.В., Артемов А.Р., Вдовенко А.И. Геодезические методы недопущения аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации.....	8
Фаликман В.Р. Научно-техническое сопровождение строительства объектов использования атомной энергии: новые материалы и технологии.....	11
Фарфель М.И. Стадион «Лужники»: история создания от возведения до наших дней.....	13
Шилин А.А., Кириленко А.М. Системный подход к разработке технологических решений по ремонту железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.....	16

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ)

Дубко М.Ю. Применение искусственного интеллекта при конструировании каркасов жилых зданий.....	19
Кондратьев Я.М. Управление инвестиционно-строительными проектами (ИСП) с использованием современных цифровых решений и технологического подхода (ТИМ) показ на примере цифровых решений.....	21
Новкович Н.М. Bexel Manager – одна платформа для всех измерений BIM.....	22
Труфанов С.П. Управление сроками строительства с использованием информационных (BIM) моделей.....	23

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Девон Матерсил, Расин Дузджеер, Альп Гокальп, Бора Окумусоглу Крепления котлована глубиной 25 м с помощью грунтовых анкеров в России.....	25
Казеев А.И., Орлова Н.А., Кучуков М.М. Расчет основных параметров глубокого оползня (на примере участка «Воробьевы горы»).....	28
Кропоткин М.П. Необходимость проведения и полноценного финансирования инженерных изысканий на стадии «подготовка проектной документации – второй этап» и на стадии «при строительстве зданий и сооружений» по опыту дорожного строительства.....	31
Шашкин К.Г. Мониторинг искусственных сооружений высокоскоростных магистралей в условиях оползневой опасности.....	34

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Баглаев Н.Н., Шевченко А.В. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства.....	35
Беглов А.Д., Санжаровский Р.С., Тер-Эммануильян Т.Н. Расчет бетонных и железобетонных конструкций. принципы и правила мировой теории расчета железобетонных конструкций на ползучесть.....	37
Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В. Разрушение бетона в контактном слое на основе базовых положений общей теории сцепления и анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне.....	39
Кабанцев О.В., Крылов С.Б., Трофимов С.В. Численное моделирование плит большой толщины при продавливании.....	44
Терехов И.А., Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Шмаков С.Д. Обеспечение механической безопасности железобетонных несущих конструкций на всех этапах жизненного цикла.....	48
Шевченко А.В., Баглаев Н.Н. Расчет сжато-изгибаемых стержней с учетом физической и геометрической нелинейности.....	51

ФАСАДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Чесноков С.А. Инновационный потенциал стекольной промышленности для строительства.....	54
--	----

РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (В ПАРТНЕРСТВЕ С МАФ)

Алексеев А.Г. Проблемы строительства зданий и сооружений в Арктике.....	56
Попова А.А. Оценочное картирование как основа для территориального планирования и выбора площадок (трасс) строительства.....	58
Сазонов П.М., Алексеев А.Г. Актуальные вопросы проектирования фундаментов на многолетнемерзлых грунтах.....	60

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ «СТРОИМ БУДУЩЕЕ»

Волкова Е.О. Архитектура малых гидроэлектростанций: особенности проектирования и опыт внедрения технологии информационного моделирования.....	63
Пастухов А.И. Расчет термонапряженного состояния массивных конструкций.....	67
Сокольникова С.Р., Дмитриева М.А. Применение микрочастиц фотокатализатора TiO_2 на поверхности бетона.....	69
Тихонов Г.И., Окольников Г.Э. Арматурный прокат классов Аv500СП и Аv500П для строительства.....	71

Харьков Д.П.

Разработка нового отечественного сортамента конструкций стальных шпунтовых U-образных свай.....	74
---	----

НОВЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

Брыксина А.А.

Исследование сопротивления сваи по боковой поверхности в условиях переслоения скальных и дисперсных грунтов.....	78
--	----

Готман А.Л., Гавриков М.Д.

Особенности работы вертикально нагруженных длинномерных буронабивных свай и их расчет.....	79
--	----

Мирсяяпов И.Т., Королева И.В.

Влияние истории загрузки на прочность глинистого грунта в условиях трехосного нагружения.....	82
---	----

Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.

Система мониторинга высотного здания при эксплуатации.....	83
--	----

Шулятьев С.О.

Расчет фундаментов с использованием экспериментально определенных моделей основания.....	84
--	----

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Гаврилов А.Б.

Диверсификация современной российской производственной компании в рамках программ инновации и импортозамещения. Ремонтные и защитные материалы.....	86
---	----

Карпова Е.А.

Комплексное влияние пластификатора и нанодобавки на гидратацию цемента.....	89
---	----

Матвеева О.И., Федорова Г.Д., Цеева А.Н.

Опыт применения долговечных бетонов в климатических и специфических грунтовых условиях Якутии.....	91
--	----

Соколова С.Е.

Эффективные способы вторичной защиты для повышения долговечности железобетонных конструкций.....	93
--	----

Фаликман В.Р., Сиротин П.Н., Сурков А.В.

Оценка реакционной способности некоторых заполнителей на северном побережье Египта.....	94
---	----

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Ветков А.С.

Влияние увлажнения на физико-механические характеристики кладочных стеновых изделий.....	96
--	----

Зимин С.С., Орлович Р.Б.

Резервы несущей способности каменных арок и сводов исторических зданий.....	97
---	----

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Пехотиков А.В.

Комплекс научно-исследовательских работ по обеспечению пожарной безопасности многоэтажных зданий из деревянных конструкций.....99

НАДЕЖНОСТЬ И ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

Арутюнян М.В., Арутюнян А.М.

Влияние архитектурных решений на уровни динамических воздействий и комфортность пребывания людей в высотных жилых и общественных зданиях.....102

Жиронкин В.В.

Проектирование защиты промышленных полов.
Нормативы. Примеры реализации.....105

Кириллов И.А.

Современные проблемы оценки взрывных нагрузок на здания и сооружения.....108

Лебедева И.В., Петрова Т.А.

Основные принципы обеспечения надежности сооружений в отечественной и зарубежной нормативных базах.....109

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ГЕОТЕХНИКЕ

Брыксин В.В.

Исследование закона распределения активного давления несвязанного грунта на ограждения котлованов в зависимости от их деформаций.....111

Исаев А.В., Зерцалов М.Г.

Прогрессирующее разрушение котлованов: причины и методы предупреждения.....112

Колыбин И.В.

Актуальные задачи научных исследований в контексте геотехнических нормативных документов.....114

Мангушев Р.А., Осокин А.И., Дьяконов И.П., Башмаков И.Б.

Сохранение памятников архитектуры при развитии подземного пространства исторического центра при использовании интерактивного мониторинга в городе Санкт-Петербурге.....115

Скориков А.В.

Чувствительность численных моделей в расчетах оснований и фундаментов.....117

Труфанов А.Н., Ростовцев А.В.

Актуальные изменения в области стандартов по определению механических характеристик грунтов.....118

Флоренский В.М., Черкасова Л.И.

Условия и перспективы строительства на поверхности Луны.....120

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Туснин А.Р., Бергер М.П.

Основные принципы формирования цифровой редакции СП 16.13330.2017.....122

СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОНЫ

Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В.

Применение золы ТЭС для получения высокопрочных бетонов и снижения расхода цемента.....125

Шейнфельд А.В.

Новые модифицированные бетоны как фактор
улучшения экологической обстановки.....130

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В АРХИТЕКТУРЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ, СОХРАНЕНИИ КУЛЬТУРНОИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

Дубынин Н.В.

Быстровозводимые здания: перспективы массового строительства,
индустриальная база, опыт нормирования.....132

Шашкин В.А., Шашкин А.Г.

Модификация требований по обеспечению механической
безопасности применительно к объектам архитектурного наследия.....134

МНОГОСЛОЙНЫЕ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Воробьев Г.Е.

Сложности при эксплуатации зданий с трехслойными фасадными
конструкциями с облицовкой пустотелым керамическим кирпичом.....135

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ

Сборщиков С.Б.

Проектное управление. Инжиниринг и реинжиниринг в строительстве.....136

СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бедарев В.В., Бедарев А.В., Бедарев Н.В.

Землетрясение 1999 года в Турции. Разрушения многоэтажных жилых зданий.....140

Игнатов К.Э.

Сейсмоизолирующие резинометаллические опоры
со свинцовым сердечником производства ООО «ВАСС».....144

Келасьев Н.Г., Авдеев К.В., Левин Д.И., Лисанов М.В., Бобров В.В.

Модели бетона и арматуры при динамических нагрузках.....146

Крючков В.Г., Тихонов И.Н., Звездов А.И.

Повышение безопасности сейсмостойкого строительства.....148

Мамедова С.Р.

Проектирование в сложных и экстремальных природно-климатических условиях151

Назмеева Т.В., Кинзябулатова Д.Ф.

Возможности применения стального каркаса и ограждающих
конструкций из стальных холодногнутох профилей в сейсмических районах.....153

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Симбиркин В.Н.

Моделирование нелинейно-упругих, упругопластических и вязкостных
элементов при динамическом расчете конструкций.....156

Трекин Н.Н., Быбка А.В.

Учет податливости сборных дисков перекрытий
при моделировании многоэтажных каркасных зданий.....158

Содержание — ЧАСТЬ 2

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н.

Совершенствование метода расчета строительных конструкций
по предельным состояниям.....164

ФАСАДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Валиулин В.А., Гришин И.А.

Особенности научно-технического сопровождения проектирования НФС
в части соответствия требованиям пожарной безопасности РФ.....166

Захаров В.А.

Эксперимент как базис.....167

Комарова М.А.

Оценка эксплуатационных свойств антикоррозионных и огнезащитных
покрытий для элементов фасадных конструкций.....171

Кошелева Л.И., Костюк А.О.

Влияние климатических воздействий на элементы облицовки фасадов.....172

Павлова М.О.

Фасады. От облицовки к конструкциям.....175

Тучин М.А., Авдеев К.В., Кудрявцев Н.А., Бобров В.В., Домарова Е.В.

Навесные фасадные панели из полимербетона.....177

Цыкановский Е.Ю.

Научный подход при легализации скрытого крепежа листовых материалов.....180

ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Ведяков И.И., Кривцов Ю.В., Гришин И.А., Стрекалев А.Н.

О разработке СП «Конструкции стальные строительные.
Правила обеспечения огнестойкости».....181

Гришин И.А.

Применение огнезащитных материалов в каркасном домостроении.....183

Еремина Г.П.

Мониторинг технического состояния огнезащитных покрытий
и продление сроков их эксплуатации.....184

Ладыгина И.Р., Кривцов Ю.В.

Обеспечение пожарной безопасности объектов капитального строительства.....186

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Ищук М.К., Ищук Е.М.

Экспериментальные исследования каменной кладки,
усиленной инъекцией раствора в сочетании с косвенным армированием.....188

Ищук М.К., Ищук Е.М.

Предложения в СП 427.1325800 «Каменные и армокаменные конструкции.
Методы усиления».....191

Обозов В.И., Пономарев О.И., Иванова А.Ю. Деформирование кладки из крупноформатных керамических камней.....	194
---	-----

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Белый Г.И., Гарипов А.И. Запредельная несущая способность стержневых элементов стальных конструкций.....	195
Ведяков И.И. Изменения № 3 к нормам на проектирование стальных конструкций (СП 294.1325800.2017).....	197
Конин Д.В., Крылов А.С., Ртищева И.В., Рожкова Л.С. Численные и экспериментальные исследования сталежелезобетонных перекрытий со сборными элементами.....	199
Соловьев Д.В., Конин Д.В., Коваленко А.И., Нахвальнов П.В. Исследование работы соединений на высокопрочных болтах.....	202

МНОГОСЛОЙНЫЕ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Экспериментальные исследования прочности и трещиностойкости кирпичной кладки, армированной в горизонтальных швах стальными и композитными сетками, при растяжении.....	206
Ищук М.К., Ищук Е.М., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Проблемы фасадов с опиранием лицевого слоя из высокопустотного кирпича на стальные кронштейны. Анализ натурных наблюдений и лабораторных исследований.....	209
Кушнир С.В. Новое в подходе к обследованию фасадов зданий.....	212
Павленко М.Н. Ремонт фасадов. Проблемы и решения.....	215
Пономарев О.И., Бессонов И.В., Захаров В.А., Павлова Е.А. О методах испытаний на морозостойкость кладочных стеновых изделий.....	218
Токаев В.Е. Мелкоштучные фасадные изделия на основе техногенного магнезиально-гидросиликатного сырья.....	221
Черемных В.А., Айзятуллин Х.А., Михеев А.В. Исследование узла опирания лицевого слоя на кирпичные консоли несущих и самонесущих каменных стен.....	224

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Жук Ю.Н., Курнавин В.В., Симбиркин В.Н. Научно-техническое сопровождение проектирования уникальных зданий и сооружений повышенной ответственности с использованием отечественного программного обеспечения.....	227
---	-----

Козунова О.В., Босаков С.В.

Развитие теории нелинейных расчетов ортогогранных плит
на произвольном упругом основании.....230

Попов В.Ю.

Применение российского пакета САЕ FIDESYS для решения задач расчета
на прочность в строительстве.....232

Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В.

Физически нелинейный динамический расчет конструкций при сейсмических
воздействиях и гипотетических локальных разрушениях.....234

ЧАСТЬ 1

ТЕЗИСЫ ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДОВ

УДК 624.072.2.014

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-8-10>

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НЕДОПУЩЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Марков Михаил Владимирович (markov.mv@ooo-justas.ru)

Директор

ООО Фирма «ЮСТАС»

Москва, Российская Федерация

Артемов Алексей Ремович (artemov@ooo-justas.ru)

Главный инженер

ООО Фирма «ЮСТАС»

Москва, Российская Федерация

Вдовенко Александр Иванович (vai@ooo-justas.ru)

Заместитель директора

ООО Фирма «ЮСТАС»

Москва, Российская Федерация

При любых нарушениях геометрии строящихся зданий и сооружений или уже введенных в эксплуатацию повышается риск возникновения аварийной ситуации. Поэтому возникает задача ее контроля на соответствие их проектной формы, контроля стабильности, возможного влияния на соседние здания и сооружения. Как раз в этой сфере и трудится наша организация, ООО Фирма «ЮСТАС».

Виды деформационного мониторинга

Геодезический:

- горизонтальные перемещения (сдвиг);
- вертикальные перемещения (осадка);
- крен.

Геотехнический:

- напряженность в материале;
- ускорения, вибрации;
- температура;
- линейные смещения.

Далее мы подробнее остановимся на геодезическом мониторинге.

Для начала рассмотрим, на основе какого оборудования строятся системы мониторинга.

Инклинометры

Один из способов определения стабильности геометрии зданий и сооружений – это контроль изменения наклонов площадок, жестко связанных с конструкциями самого объекта контроля. На площадках или соответствующих кронштейнах крепятся электронные уровни (инклинометры) необходимой точности. Изменение отсчетов свидетельствуют о наличии деформационных процессов.

ГЛОНАС-GPS оборудование

Еще один из способов определения стабильности геометрии зданий и сооружений – установка спутниковых систем контроля ГЛОНАС/GPS приемников или им подобных.

Роботизированные тахеометры

Использование роботизированных та-

хеометров при мониторинге стабильности геометрии зданий и сооружений – это наиболее очевидный способ их использования в работе.

Сами измерения заключаются в определении положения специальных контрольных марок в виде трипельпризменных отражателей, закрепляемых на исследуемом объекте. При наличии большого числа собственно контрольных марок использование роботизированных тахеометров наиболее целесообразно.

Гидростатическое нивелирование

Одним из методов определения относительных высотных перемещений является гидростатическое нивелирование

Немного о сути метода. Как известно, в сообщающихся сосудах горизонт неподвижной жидкости (с точностью до постоянства плотности, несжимаемости и т. д.) находится на одной уровенной поверхности.

По изменениям превышений между неким нулем сосуда и уровнем жидкости можно судить о соответствующих им превышениях между базовыми точками сосудов и соответствующих участков измеряемого объекта.

Примеры выполненных работ на уникальных объектах

Стадион «Газпром Арена»

Футбольный стадион «Газпром Арена», согласно федеральному закону № 190-ФЗ от 29.12.2004 г., относится к уникальным сооружениям, имеет пролет более 100 м.

Разработана и установлена автоматизированная система мониторинга деформированного состояния, позволяющая шесть раз в день измерять горизонтальные и вертикальные перемещения конструкций, которая может быть перенастроена в случае аварийных ситуаций на цикл измерений 1 раз в 15 минут.

На основании полученных результатов определяется техническое состояние объекта, что позволяет давать разрешения на безопасное проведение спортивных и концертных мероприятий, проводимых на стадионе.

Большая спортивная арена «Лужники»

Реконструкция 1996–1997 гг.

На этом объекте мы участвовали в двух реконструкциях в 1996 году и 2014 году.

В 1996 году начались работы по контролю геометрии конструкции покрытия стадиона БСА «Лужники» на этапах производства, сборки и мониторинга.

Вторая реконструкция 2014–2017 гг.

ООО Фирма «ЮСТАС» производила работы:

- по сохранности измерений предыдущих циклов геодезических наблюдений с 1996 по 2014 г.;

- по контролю деформаций несущих конструкций внешней стены здания и несущих конструкций покрытия стадиона в процессе реконструкции Большой спортивной арены «Лужники».

Стадион «Казань Арена»

ООО Фирма «ЮСТАС» приняла активное участие в строительстве стадиона «Казань Арена».

Работа делилась на пять этапов:

- контрольные измерения отлитых опорных закладных элементов в основании стадиона под монтаж главного ригеля крыши стадиона, г. Казань;

- контроль изготовления сборных элементов главного ригеля, г. Белгород;

- трехмерная сборка секций главного ригеля из изготовленных элементов, г. Белгород, г. Казань;

- контроль изготовления элементов пирамиды для церемонии открытия и закрытия Универсиады, г. Нижнекамск;

- контроль геометрии главного ригеля после раскручивания крыши стадиона с помощью лазерного 3D-сканирования.

Центр художественной гимнастики в Лужниках 2018–2019 гг.

Центр художественной гимнастики предназначен для соревнований по художественной гимнастике, других спортивных, тренировочных, оздоровительных, а также массовых мероприятий. В общей сложности спорткомплекс сможет принять порядка 4 тысяч зрителей.

Покрытие представляет собой сложную волнообразную форму с переменной кривизной поверхностью в обоих направлениях.

Задача: слежение за деформациями основания и конструкции покрытия в процессе строительства и последующей эксплуатации.

Примеры выполненных работ при строительстве метрополитена

Автоматизированная система мониторинга показала наибольшую эффективность как раз для подобных проектов, когда необходима высокая точность результатов при невозможности или ограниченности присутствия наблюдателя. Для увеличения точности измерений возможно использовать наиболее точное оборудование и многократное повторение приемов измерений.

Мониторинг на объекте: «Восточный участок ТПК «Каширская» – «Карачаров».

Мониторинг на объекте: «Восточный участок ТПК «Каширская» – «Карачаров» (продолжение).

Мониторинг действующих перегонных тоннелей Филевской линии Московского метрополитена.

Мониторинг действующих перегонных тоннелей Филевской линии Московского метрополитена (продолжение).

Выводы

Как было сказано ранее, за прошедшие годы наша организация получила огромный опыт в реализации задач контроля геометрии на объектах различного назначения.

За рамками настоящего доклада остались многие реализованные и перспективные проекты, не вписывающиеся в тему доклада или не предназначенные для широкого освещения.

Мы готовы к сотрудничеству, готовы участвовать в проектах по строительству, реконструкции, эксплуатации объектов различного назначения для совместного решения самых сложных задач, для обеспечения еще большей безопасности жизни на просторах нашей Родины как совместно с коллегами по производству, так и с другими заинтересованными организациями.

УДК 69.058 + 621.039

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-11-12>

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ: НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Фаликман Вячеслав Рувимович (vfalikman@yandex.ru)

Доктор материаловедения, академик РИА и МИА, начальник центра научно-технического сопровождения сложных объектов строительства
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

В 2021 году в структуре Научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» создан специализированный центр научно-технического сопровождения технически сложных объектов строительства № 20.

Областью компетенций специалистов центра является научно-техническое сопровождение уникальных объектов строительства, в т. ч. относящихся к атомной отрасли.

У института есть богатый опыт работы на объектах атомной энергетики, включая Балаковскую, Белоярскую, Билибинскую, Калининскую, Курскую, Ленинградскую, Нововоронежскую, Ростовскую, Смоленскую АЭС.

В настоящее время специалисты вновь созданного центра ведут техническое сопровождение строительства АЭС «Аккую» (Турция), АЭС «Эль-Дабба» (Египет), «Пакш-2» (Венгрия), а также российского проекта строительства реакторов на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем «Прорыв».

Нами проведен анализ проектных характеристик бетонов, применяемых при возведении современных АЭС, который позволяет их сгруппировать по шести базовым группам, включая тяжелые бетоны; особо тяжелые бетоны; сталефибробетоны; легкие бетоны; ячеистые жаростойкие бетоны и специальные бетоны.

Так, например, при строительстве АЭС «Аккую» применяют более 40 составов бетонных смесей и бетонов.

В докладе рассматриваются основные особенности строящихся АЭС и применяемых в строительстве бетонов и технологий, проблемы локализации сырьевых материалов и гармонизации требований нормативно-технических документов Российской Федерации с зарубежными стандартами и нормами проектирования.

Крупномасштабное строительство объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) предъявляет особые требования к долговечности используемых конструкций. Это связано, прежде всего, с высокой стоимостью инвестиций, значительной стоимостью ремонта в процессе эксплуатации, длительным жизненным циклом, повышенными требованиями устойчивости к экстремальным воздействиям, нежелательностью перерывов в эксплуатации.

В сообщении приведены примеры механизмов деградации и разрушения бетона железобетонных конструкций ОИАЭ, подходы к нормированию их долговечности, современные нормы проектирования и оценки жизненного цикла, подходы к мониторингу и управлению жизненным циклом.

Отдельное место занимает анализ разрабатываемых стандартов Росатома, в т. ч. в рамках Дорожной карты реализации соглашения о сотрудничестве между Министерством строительства и жилищно-

коммунального хозяйства Российской Федерации и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом».

Научно-техническое сопровождение строительства ОИАЭ служит важной ступенью развития строительной отрасли с учетом все более сложных условий строительства, технологий, материалов и оборудования, используемых в процессе проектирования, строительства и эксплуатации, включая технический мониторинг.

Исходя из этого, при реализации наиболее сложных проектов необходимо осуществлять системный комплексный подход организационного, методического, научного, аналитического, информационного, контрольного, а в особо оговоренных случаях и экспертного характера к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам строительства.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF NUCLEAR FACILITIES: NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Falikman Vyacheslav R. (vfalikman@yandex.ru)

Dr. Sci. (Materials), Full member of REA and IEA, Head of the Center for the Scientific and Technical Support of Technically Challenging Construction Projects
NIIZHВ named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

УДК 624.072.2.014

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-13-15>

СТАДИОН «ЛУЖНИКИ»: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОТ ВОЗВЕДЕНИЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Фарфель Михаил Иосифович (farfelmi@yandex.ru)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией нормирования, реконструкции и мониторинга уникальных зданий и сооружений (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко); доцент кафедры «Металлические и деревянные конструкции» (НИУ МГСУ) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: большепролетное покрытие, безопорный пролет, сжимающее продольное усилие, стальное стержневое купольное покрытие, вертикальные связи, шарнирные соединения стержней, жесткое соединение стержней, шарнирное опирание на фундамент, поликарбонат

Стадион «Лужники» построен в 1956 году по проекту архитекторов А.В. Власова, И.Е. Рожина, Н.Н. Улласа, и А.Ф. Хрякова, инженеров В.Н. Насонова, Н.М. Резникова, В.П. Поликарпова. В.Н. Насонов был в то время директором ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Первая реконструкция стадиона была осуществлена к Олимпиаде 1980 года в г. Москве. На этой арене успешно проведены спортивные соревнования по легкой атлетике и футболу. На БСА проведены церемонии закрытия и открытия Олимпиады.

Вторая реконструкция состоялась из-за того, что международная федерация футбола (FIFA) выпустила требования о том, что все зрители, присутствующие на стадионе, должны быть защищены от атмосферных осадков. Необходимо было над зрительными местами создать покрытие. После длительного конкурса принято решение делать покрытие в форме стержневого стального купола, причем покрытие решено опереть на колонны, отстоящие от конструкций стадиона на 5 м. Авторами проекта покрытия над стадионом «Лужники» были архитекторы А.Г. Оспенников, Г.Е. Ермилина, Т.В. Катунина, инженеры В.В. Ханджи, А.В. Ханджи от МНИИП Моспроект-4 и сотрудники

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко В.Б. Микулин, М.И. Фарфель.

Перед началом проектирования покрытия над трибунами была испытана большепролетная модель покрытия, на которой выяснялась работа системы от действия на нее разнообразных нагрузок, выяснялась работа модели при удалении из работы одной, двух и трех колонн. Проведены натурные испытания фрикционных болтовых соединений, а также проведена продувка модели покрытия в аэродинамической трубе для определения значений снеговых и ветровых нагрузок. Проведен расчет покрытия с учетом геометрической нелинейности с проверкой несущей способности элементов и всего покрытия в целом.

Колонны покрытия выполнены шарнирными, в которых отсутствуют изгибающие моменты, в них возникают только сжимающие продольные усилия, они не подвержены воздействию осадки основания и температуры.

В докладе приводятся сведения о монтаже и укрупнении наружного опорного и внутреннего контуров, рассказывается о методах его сборки и установки на проектную отметку. Объясняется процесс сборки отдельных частей покрытия в единый пространственный каркас.

Приводятся данные о создании кровли из панелей, изготовленных из светопрозрачного поликарбоната, окантованного алюминиевыми профилями.

Специалисты ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко совместно с ООО Фирма «ЮСТАС» разработали и внедрили систему мониторинга напряженно-деформированного состояния, которая позволяет следить за работой большепролетного покрытия уже более 20 лет. О других работах ООО Фирма «ЮСТАС» будет сообщено в последующем пленарном докладе.

Показан фасад и интерьер Большой спортивной арены (БСА) после завершения второй реконструкции.

Объясняются причины проведения третьей реконструкции для удовлетворения требований FIFA на стадионах, где должны быть проведены матчи открытия и финала Кубка мира по футболу.

Приводятся альтернативные варианты реконструкции, объясняется, почему сохранено покрытие и историческая фасадная стена, так как БСА является одним из символов г. Москвы.

Авторы третьей реконструкции стадиона «Лужники»: архитекторы, работающие в ООО «Спич» А.А. Шубкин, С.О. Кузнецов и А.Э. Чобан; инженеры ООО «Метрополис» А.В. Любарцев и А.Е. Кущенко; сотрудник ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» М.И. Фарфель. Проект реконструкции был утвержден директорами институтов: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» И.И. Ведяковым, ООО «Метрополис» А.Н. Ворожбитовым. Реконструкция осуществлена монтажной организацией ООО «ПСФ Сталькон» инженерами Н.В. Шевчуком и А.Р. Горальником, а полные строительные работы – АО «Мосинжпроект» инженерами М.М. Давлетшиным, Г.В. Гордюшиной и М.М. Гизазулиным.

Показаны меры обеспечения несущей способности покрытия БСА при проведении реконструкции.

Графически показан демонтаж существующих трибун при обеспечении несущей способности исторической фасадной

стены, также показано, как проведено сооружение новых трибун, удовлетворяющих требованиям FIFA.

Показан фасад и интерьер стадиона после проведения реконструкции. На графическом материале показана работа медиа-кровли.

Приведены фото матчей открытия и финала, а также вручение Кубка мира по футболу победителю турнира президентом России В.В. Путиным.

Список литературы

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП П-23-81* (с Изменениями № 1, № 2 и № 3, № 4 и № 5). 2017.
2. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования. 2017.
3. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1, № 2, № 3, № 4). 2017.
4. Микулин В.Б., Одесский П.Д., Лебедева И.В., Оспенников А.Г., Отставнов В.А., Попов Н.А., Ханджи А.В., Фарфель М.И. и др. Покрытие Большой спортивной арены стадиона «Лужники» (проектирование, научные исследования и строительство) [Текст] // М.: «Фортэ». 1998. 144 с.
5. Фарфель М.И., Гукова М.И., Коняшин Д.Ю., Кущенко А.Е., Любарцев А.В. Особенности реконструкции Большой спортивной арены стадиона «Лужники» к Чемпионату мира по футболу в 2018 году // *Вестник НИЦ Строительство*. 2017. № 14. С. 74–92.
6. Фарфель М.И. Обеспечение безаварийной эксплуатации уникального большепролетного покрытия Большой спортивной арены олимпийского стадиона «Лужники» // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2012. № 6. С. 56–61.
7. Микулин В.Б., Фарфель М.И. и др. Покрытие Большой спортивной арены Олимпийского комплекса в Лужниках. [Текст] // ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. 80 лет. Сборник статей. М. 2007. С. 46–55.
8. Mikulin V. B., Khandzhi A.V. Design and construction of mayor sports arena in Luzhniki. Moscow. *Spatial Structures in*

new and Renovation project of Buildings and constructions (International congress ICSS-98, June 22–26 1998. Moscow. Russia. Pp. 113–114.

9. Ведяков И.И., Фарфель М.И. Научно-техническое сопровождение проекти-

рования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции Большой спортивной арены «Лужники» в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году // *Вестник НИЦ «Строительство»*, 2019. № 22(3). С. 27–41.

LUZHNIKI STADIUM: HISTORY OF CREATION FROM CONSTRUCTION TO PRESENT DAYS

Farfel Mikhail I. (farfelmi@yandex.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Head of Laboratory, Laboratory of Reconstruction, Standardization, and Monitoring of Unique Buildings and Structures (TSNIISK named after V.A. Koucherenko), Associate Professor, Department of Metal and Wooden Structures (National Research Moscow State University of Civil Engineering)

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; National Research Moscow State University of Civil Engineering

Moscow, Russian Federation

Keywords: long-span coating, unsupported span, compressive longitudinal force, steel rod dome coating, vertical connections, hinge joints of rods, rigid connection of rods, hinge



Научно-технический журнал
«Строительная механика и расчет сооружений»
«Structural Mechanics and Analysis of
Constructions»
ISSN 0039-2383 (print)

Периодическое печатное издание (6 раз в год).

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-63489
от 10.11.2015 г.

Включен в утвержденный перечень ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Учредитель и издатель журнала: АО «НИЦ «Строительство»

Главный редактор: И.И. Ведяков, доктор технических наук, профессор, академик Российской Инженерной Академии, академик Национальной Академии наук пожарной безопасности, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, почетный строитель России, директор Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Подписной индекс «Урал-Пресс» 18317

Приглашаем к сотрудничеству!

УДК 69.059.25

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-16-18>

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕМОНТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Шилин Андрей Александрович (info@spcmask.com)

Доктор технических наук, профессор, руководитель ПК 4 «Обследование и мониторинг технического состояния зданий и сооружений. Ремонт, восстановление и усиление конструкций зданий и сооружений» ТК 465 «Строительство» Минстроя РФ, генеральный директор

ООО «Системные продукты для строительства» (ООО «СПС»)
Москва, Российская Федерация

Кириленко Алексей Михайлович (info@spcmask.com)

Кандидат технических наук, заместитель директора по науке
ООО «Системные продукты для строительства» (ООО «СПС»)
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: ремонт железобетона, технологические решения, нормативные документы, ремонтные и гидроизоляционные материалы, долговечность, проницаемость

Введение

Общеизвестно, что проблема безотказности и эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений всегда имела особое значение. Огромное число сооружений из бетона находится в эксплуатации от 40 до 80 лет, вследствие чего многие из них имеют значительный физический износ. В связи с этим остро стоит задача: как их отремонтировать таким образом, чтобы это было надежно, надолго и по возможности недорого?

Цель

Разработка системного подхода к выбору технологических решений по ремонту железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, базирующегося на подготовленном комплексе нормативных документов, рассматривающих проведение ремонтных работ как создание системы «бетон – ремонтный состав», которая эксплуатируется в конкретных условиях воздействия внешней среды.

Материалы и методы

Рассмотрены стандартные и специальные методы обследования гидротех-

нических сооружений. При проведении исследований изменения проницаемости системы «бетон – ремонтный/гидроизоляционный состав» использовались стандартные материалы и методы испытаний.

Результаты

Приведены результаты натурных исследований железобетонных конструкций различных сооружений, которые показывают, что без детального обследования, определяющего техническое состояние конструкций, понимания, в какой среде эксплуатируется сооружение, и, главное, выявления причин появления дефектов, выполнение ремонтных работ не может обеспечить надежной эксплуатации сооружения в постремонтный период. Также приведены результаты натурных исследований изменения проницаемости системы «бетон – ремонтный/гидроизоляционный состав».

Выводы

При проведении ремонтов, как правило, не учитывается совместная работа системы «бетон – ремонтный состав», что является причиной преждевременного

разрушения отремонтированных участков. Поэтому ремонт конструкций следует проводить с учетом текущего состояния по прочности, плотности и пористости (проницаемости), с индивидуальным подбором технологий и материалов. Применение более прочных и плотных по сравнению с основным бетоном ремонтных составов недопустимо, поскольку это будет способствовать более интенсивному разрушению бетона на отремонтированных участках. Диапазон допустимого снижения паропроницаемости для ремонтной системы должен находиться в пределах: 0–30 % в

переменном тепловлажностном режиме; от 30 до 50 % при стабильном температурно-влажностном режиме; от 50 до 100 % – зона недопустимой паропроницаемости. Анализ полученных результатов показал, что первоочередной задачей при проведении ремонта является определение и выдерживание паропроницаемости слоев ремонтной системы, толщины ремонтной системы, химической совместимости материалов, что должно учитываться не только при разработке проекта ремонтных работ, но также в разработке нормативных документов.

SYSTEM APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE REPAIR OF REINFORCED CONCRETE HYDRAULIC STRUCTURES

Shilin Andrey A. (info@spcmk.com)

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of Subcommittee 4 “Diagnostics and Monitoring of Structural State. Repair, Rehabilitation, and Strengthening of Structures and Buildings”, Technical Committee 465 “Construction”, Ministry of Construction of the Russian Federation; General Director

LLC System Products for Construction (LLC SPC)
Moscow, Russian Federation

Kirilenko Alexey M. (info@spcmk.com)

Cand. Sci. (Engineering), Vice-Director of Research
LLC System Products for Construction (LLC SPC)
Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforced concrete repair, technological solutions, regulatory documents, repair and waterproofing materials, durability, permeability

Introduction

It is well-known that the problem of failure-free operation and operational reliability of hydraulic structures has always been of particular importance. A huge number of concrete structures are in operation from 40 to 80 years; as a result, many of them have significant physical deterioration. In this regard, there is an urgent task: how to repair them in such a way that the repair is reliable, durable and, if possible, inexpensive.

Aim

Development of a system approach to

the selection of technological solutions for the repair of reinforced concrete hydraulic structures, based on the effective regulatory documents that consider repair works as an integrated “concrete – repair material” system that is being operated under specific environmental conditions.

Materials and methods

Standard and special methods of hydraulic structures diagnostics are considered. When studying changes in permeability of the “concrete – repair material/waterproofing” system, standard materials and test methods were used.

Results

The results of in-situ investigations of various reinforced concrete structures are presented; they show that without a detailed inspection determining actual structural state, clear understanding the operating environment, and most important identifying the causes of defects, repair works cannot ensure reliable post-repair operation of structures. The results of in-situ studies of permeability changes of the “concrete – repair material/waterproofing” system are also presented.

Conclusions

When carrying out repairs, as a rule, the joint operation of the “concrete – repair material” system is not taken into account, which is the main reason for premature deterioration of the repaired sections. Therefore, the repair of structures should be carried out considering the current

structural strength, density, and porosity (permeability), with an individual selection of technologies and materials. The use of repair materials that have higher strength and density than the structural concrete is unacceptable, as it will cause even more intensive destruction of concrete in the repaired areas. The range of admissible reduction in vapor permeability for the repair system should lie within 0–30 % if heat and humidity vary; from 30 to 50 % if temperature and humidity are stable; values from 50 to 100 % denote the zone of inadmissible vapor permeability. The analysis of the obtained results showed that the primary task during any repair is to determine and maintain vapor permeability of the repair system layers, their thickness, chemical compatibility of materials, which should be considered not only when developing a repair project, but also for developing regulatory documents.

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ)

УДК 004.8

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-19-20>

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ КАРКАСОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Дубко Михаил Юрьевич (m.dubko.by@gmail.com)

Главный конструктор

Prometeu

Москва, Российская Федерация

При выполнении своей ежедневной работы инженер-конструктор решает множество задач с большим количеством неизвестных. Многие задачи решаются простыми уравнениями с одним неизвестным, некоторые задачи содержат уже несколько неизвестных и требуется решать уже систему уравнений. Но есть задачи, которые необходимо решать, используя матрицы и даже системы сложных по структуре матриц.

Очень часто для достижения конечного результата инженер-конструктор использует итерационные методы нахождения решений, пересчитывая и уточняя различные сложные по архитектуре данные, включающие не совсем коррелируемые друг с другом параметры.

Все вышеописанные подходы и методы воплощает в себе Prometeu.

Разработка программы Prometeu началась в 2016 году с описания новых подходов проектирования строительных конструкций. В 2019 году была разработана первая в мире нейросеть, расставляющая пилоны в здании. На создание математической модели нейросети ушло 2,5 года и несколько тысяч часов математических экспериментов.

В 2021 году было принято решение написания нового математического и геоме-

трического ядра для моделирования ультрадетализированных моделей зданий.

На текущий момент Prometeu умеет расставлять пилоны в здании, находить напряженное состояние конструкций при помощи внутреннего решателя, подбирать оптимальное сечение вертикальных конструкций на каждом этаже, раскладывать ковровое армирование продольной арматуры плит перекрытий, подсчитывать объемы и стоимость СМР каждого варианта конструктивной схемы здания.

В основу программы заложен принцип «Кай Дзен» – непрерывное улучшение, не существует самого оптимального решения, существует непрерывная цепочка этапов улучшения любого решения.

Программа Prometeu представляет собой инструмент, основанный на комбинированных методах автоматизации решений. Эти методы включают в себя классические алгоритмы, нейросети, генетические алгоритмы, оптимизацию топологии, генеративный дизайн и комбинаторику. Выбор метода для каждого конкретного решения основан на наибольшей эффективности этого метода. Например, в случае, когда нейросети не являются наиболее эффективным методом, не имеет смысла использовать их для решения проблем и стараться охватить ими все.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DESIGNING THE FRAMES OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Dubko Mikhail Yu. (m.dubko.by@gmail.com)

Chief Designer

Prometey

Moscow, Russian Federation

When performing his daily work, a design engineer solves many problems with a large number of unknowns. Many problems are solved with simple linear equations, some already require the use of linear regressions and systems of linear algebraic equations, and some require polynomial regressions. Very often, in order to achieve the final result, a design engineer uses iterative methods for finding solutions, recalculating and refining various architecturally complex data, including parameters that are not entirely correlated with each other.

All the approaches and methods described above are implemented by Prometey.

The development of the Prometey program began in 2016 with a description of new approaches to the design of building structures. In 2019, the world's first neural network was developed to place pylons in a building. It took 2.5 years and several thousand hours of mathematical experiments to create a mathematical model of the neural network.

In 2021, a decision was made to write a new mathematical and geometric kernel for modeling ultra-detailed building models.

Currently, Prometey is able to place pylons in a building, is able to find the stress state of structures using an internal solver, is able to select the optimal section of vertical structures on each floor, is able to lay out carpet reinforcement of the longitudinal reinforcement of floor slabs, is able to calculate the volume and cost of construction and installation work for each version of the structural scheme of the building .

The program is based on the principle of “Kai Zen” – continuous improvement, there is no the most optimal solution, there is a continuous chain of steps to improve any solution.

Prometey is a tool based on combined decision automation methods. These methods include classical algorithms, neural networks, genetic algorithms, topology optimization, generative design, and combinatorics. The choice of method for each particular solution is based on the greatest efficiency of that method. For example, in the case where neural networks are not the most effective method, it does not make sense to use them to solve problems and try to cover everything with them.

УДК 339.18

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-21>

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ (ИСП) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА (ТИМ) ПОКАЗ НА ПРИМЕРЕ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ

Кондратьев Ян Михайлович (kondratev@ingipro.com)

Директор по методологии и развитию цифровых продуктов

ООО «Ингипро»

Москва, Российская Федерация

Основные тезисы:

– ИСП можно представить как технологическую производственную цепочку, где фиксированы его участники и результаты (вехи). Таким образом, через процессную модель выстраивается технологический конвейер.

– Потеря ресурсов проекта происходит на этапах обмена результатами и коммуникаций вокруг данных. Современные цифровые решения ставят проектную деятельность и обмен результатами процессов под контроль.

– Использование единой информационной среды как ключевого источника данных и инструмента выработки результатов в процессе коммуникации позволяет принимать управленческие решения, опираясь на данные с высокой достоверностью, за счет исключения из этапа анализа «человеческого фактора».

УДК 65.011.56

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-22>

ВЕХЕЛ МЕНЕДЖЕР – ОДНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ ВСЕХ ИЗМЕРЕНИЙ BIM

Новкович Небойша М. (nnovkovich@concurator.ru)

BIM-эксперт

ООО «Конкуратор»

Москва, Российская Федерация

1. Вводное слово про Группу компаний «Интегрика».

2. Vexel Manager – Победитель международного конкурса buildingSMART в категории «Лучшее инновационное решение для управления строительством» по итогам 2020 года.

3. Возможности Vexel Manager в области 3D BIM.

4. Возможности Vexel Manager в области 4D BIM – данные для управления сроками строительства.

5. Возможности Vexel Manager в области 5D BIM – данные для управления стоимостью строительства.

6. Экосистема Vexel Manager.

7. Видео демонстрация возможностей Vexel Manager в области 3D BIM – проверка модели на наличие коллизий.

УДК 004.925

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-23-24>

УПРАВЛЕНИЕ СРОКАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Труфанов Сергей Петрович (trufanovsp@gmail.com)

Учредитель компании

«Строймониторинг.Онлайн» <https://stroy-monitoring.online>

Российская Федерация

Ключевые слова: ТИМ, информационное моделирование, управление строительством

Несмотря на значительный прогресс во внедрении ТИМ, их использование зачастую ограничено лишь первым этапом – проектированием. Из-за сложности, дороговизны и высокой ресурсоемкости специализированного ПО эффект от использования ТИМ не может быть в должной мере экстраполирован на наиболее затратный этап – строительство. Таким образом, остро стоит вопрос поиска решений, позволяющих оптимизировать бизнес-процессы именно на этапе строительства.

В качестве целевых процессов автоматизации были выбраны: «учет материалов», «контроль выполнения монтажа и приемки», «оперативное планирование работ», «контроль соответствия плановых и фактических сроков». Для управления сроками строительства необходима актуальная информация, поэтому наиболее важными критериями стали: «вовлечение всех участников процесса» и «работа на стройплощадке».

Анализ существующих решений выявил серьезное ограничение, характерное для большинства из них, – невозможность работы с ИМ без предустановленного ПО в условиях ограниченного доступа в интернет. Необходимость установки ПО существенно усложняет вовлечение широкого круга участников процесса, а невозможность работы с ИМ без доступа в интернет не позволяет актуализировать информацию. Таким образом, было при-

нято решение о разработке собственного web-приложения, которое может быть использовано на любом мобильном и стационарном устройстве при помощи браузера, при этом оно реализует современные методы оптимизации ИМ и технологии их отображения, позволяющие работать с 3D ИМ даже при полном отсутствии интернета.

Разработанное решение позволяет использовать 3D ИМ как наиболее эффективный интерфейс для контроля закупки, поставки, монтажа строительных материалов и конструкций, ведения сводных отчетов, выполнения планирования и контроля строительства. Решение проходит успешное пилотирование на одном из строящихся ЖК Москвы, повышая эффективность управления работами по фасаду. В настоящее время ведутся работы по добавлению новых разделов: монолит, перегородки, окна и инженерное оборудование. Ведется подготовка функционала План/Факт анализа.

Благодаря уникальному сочетанию технических характеристик, позволяющих работать любому количеству пользователей без предустановленного ПО, с любых устройств в условиях ограниченного доступа в интернет, решение «Строймониторинг.Онлайн» имеет большой потенциал для цифровизации и оптимизации процессов на этапе строительства любых объектов, использующих ТИМ на этапе проектирования.

CONSTRUCTION SCHEDULE MANAGEMENT BASED ON BIM MODELS

Trufanov Sergei P. (trufanovsp@gmail.com)

Company founder

“Stroy-monitoring.Online” <https://stroy-monitoring.online>

Russian Federation

Keywords: BIM, building information modeling, construction management

КОМПАНИЯ «КАСКТАШ» ЯВЛЯЕТСЯ 100 % ДОЧЕРНИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ ENKA

Основана в 1957 году как «ЭНКА Пайлинг Групп» (ENKA Piling Group) для выполнения работ в рамках проекта строительства моста Истинье. 3 февраля 1975 года была выведена в отдельную компанию «КАСКТАШ» (KASKTAŞ). В конце 1970-х годов компания «КАСКТАШ» начала участвовать в международных проектах со странами Персидского залива, Российской Федерацией и странами СНГ. У компании «КАСКТАШ» действуют филиалы в Саудовской Аравии, Казахстане, имеются филиалы и дочерние компании в Российской Федерации и Ираке. Располагая большим современным парком техники и оборудования, компания «КАСКТАШ» способна выполнять разнообразные работы в области инженерной геологии как в Турции, так и за рубежом.



В 2007 году компания «КАСКТАШ» была сертифицирована в соответствии со стандартами ISO 14001 и OHSAS 18001 (Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья); в 2001 году ISO 9001:2000 (Система Менеджмента Качества) для всех видов деятельности. В 2018 году стандарт OHSAS 18001

был преобразован в ISO 45001. В ходе внешнего аудита, проведенного в 2020 году, компания получила сертификат соответствия стандарту ISO 45001 и стала одной из первых организаций, получивших этот сертификат.

С начала 90-х годов технический отдел компании «КАСКТАШ» разрабатывает и применяет современные решения, используя актуальные версии инженерного программного обеспечения для решения задач в области инженерной геологии. В 2017 году компания «КАСКТАШ» была сертифицирована Министерством науки, промышленности и технологий в качестве Центра проектирования. Это первый Центр проектирования в области инженерной геологии и фундаментостроения в Турции. За время работы технического отдела было выпущено более 100 технических публикаций.



ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

УДК 621.88; 624.078

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-25-27>

КРЕПЛЕНИЯ КОТЛОВАНА ГЛУБИНОЙ 25 м С ПОМОЩЬЮ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ В РОССИИ

Девон Матерсил

PhD, CEng, FICE, управляющий директор
Single Bore Multiple Anchor Ltd
Харрогейт, Великобритания

Расин Дузджеер

PhD, CE, вице-менеджер
KASKTAŞ A.Ş.
Стамбул, Турция

Альп Гокальп

Магистр наук, технический менеджер
KASKTAŞ A.Ş.
Стамбул, Турция

Бора Окumusоглу

Магистр наук, инженер-геотехник
KASKTAŞ A.Ş.
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: анкеры и крепления, диафрагменные стены, цементация

В статье описывается проектирование, строительство и испытания около 3600 временных одноствольных многоразовых анкеров, использованных для поддержки глубокого подвала, который является частью системы поддержки фундамента для Кунцево Плаза, ориентированного на пешеходов многофункционального комплекса в районе Кунцево на юго-западе Москвы. Одноствольная многоанкерная технология была эффективно использована для обеспечения поддержки мембранной стены глубиной 45 м, построенной для поддержки котлована глубиной 25 м в ге-

отехнически сложных смешанных грунтах Москвы, состоящих из комбинаций малопрочных глин, песков и илов. Предыдущие попытки выдержать требуемую нагрузку до 600 кН в анкерах были неудачными из-за недопустимой ползучести. Однако понимание концепции прогрессирующего отрыва и использование этих знаний при проектировании эффективной длины неподвижных анкеров оказались весьма эффективными. Кроме того, внедрение методов усиления неподвижных анкеров, таких как цементация в конце обсадной трубы в гранулированных грунтах и по-

следующая цементация в связных грунтах, позволило увеличить мощность анкеров более чем в два раза по сравнению с ранее достигнутой в преобладающих грунтовых условиях. Также описана обширная программа исследовательских испытаний, проведенных для установления важных параметров поведения грунта и данных об эффективности грунтовых анкеров, которые эффективно ограничивали смещения стен; это было крайне важным требованием из-за чувствительности прилегающих подземных коммуникаций.

Список литературы

1. Geotechnical Engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Volume 168. Issue 4, August 2015, pp. 281–295. <http://dx.doi.org/10.1680/geng.14.00043>

SUPPORT OF 25 m DEEP EXCAVATION USING GROUND ANCHORS IN RUSSIA

Devon Mothersille

PhD, CEng, FICE, Managing Director
Single Bore Multiple Anchor Ltd
Harrogate, UK

Rasin Duzceer

PhD, CE, Vice Manager
KASKTAŞ A.Ş.
Istanbul, Turkey

Alp Gokalp

MSc, Technical Manager
KASKTAŞ A.Ş.
Istanbul, Turkey

Bora Okumusoglu

MSc, Geotechnical Engineer
KASKTAŞ A.Ş.
Moscow, Russian Federation

Keywords: anchors and anchorages, diaphragm walls, grouting

The paper describes the design, construction and testing of some 3600 temporary single-bore multiple anchors used to support the deep basement that formed part of the foundation support system for the Kuntsevo Plaza, a pedestrian-oriented, mixed-use development in the Kuntsevo district of south-western Moscow. Single-bore multiple-anchor technology was used effectively to provide support for a 45 m deep

diaphragm wall constructed to support a 25 m deep excavation in the geotechnically challenging Moscow mixed soils, comprising combinations of low-strength clays, sands and silts. Previous attempts to sustain the required workloads of up to 600 kN in the anchors had failed due to unacceptable creep. However, an understanding of the concept of progressive debonding, and the use of this knowledge in the design of efficient fixed

anchor lengths, proved highly effective. Also, the introduction of fixed anchor enhancement techniques such as end-of-casing grouting in granular soils and post-grouting in cohesive soils enabled anchor capacities more than double those previously achieved in the prevailing ground conditions. Also described is the extensive programme of investigation tests conducted to establish important parameters regarding the behaviour of the ground and the performance data relating to the ground anchors that effectively limited wall displacements; this was a crucial requirement due to the sensitivity of adjacent underground services.

References

1. Geotechnical Engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Volume 168. Issue 4, August 2015, pp. 281–295. <http://dx.doi.org/10.1680/geng.14.00043>

КОМПАНИЯ «КАСКТАШ» ЯВЛЯЕТСЯ 100 % ДОЧЕРНИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ ENKA

**КОМПАНИЯ «КАСКТАШ»
ВЫПОЛНЯЕТ ШИРОКИЙ
СПЕКТР ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ
РАБОТ**

ФУНДАМЕНТЫ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ:

буронабивные, забивные, прямоугольные сваи, мини-сваи, стены в грунте с горизонтальным армированием непрерывного типа.



ГЛУБОКАЯ РАЗРАБОТКА ГРУНТА:

стены в грунте, стены в грунте из буронабивных свай с анкерным креплением, шпунтовые ограждения, многосекционные стены в грунте, система укрепления по технологии сверху вниз.

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ И СКЛОНОВ:

грунтовые/скальные анкеры, анкеры системы SBMA, грунтовые гвозди, торкрет бетон, струйная цементация, глубинное смешивание, динамическое уплотнение, вибрационное сжатие.

МОРСКИЕ РАБОТЫ:

комбинированные стены, искусственные острова, шпунтовые сваи.

Balmumcu Mah., E. İsmail Hakkı Sok. No:1,
34349,

Beşiktaş, Istanbul – Turkey

Tel: +90 (212) 274 58 42 (pbx)

Fax: +90 (212) 266 33 93

e-mail: kasktas@kasktas.com.tr

web: <https://www.kasktas.com.tr>

ул. Чаплыгина, 20, стр. 7, 105062,

Москва, Российская Федерация

<http://www.kasktas.ru/>

e-mail: info@kasktas.ru

тел.: +7 (495) 258 68 51

факс: +7 (495) 258 68 51

УДК 528

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-28-30>

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКОГО ОПОЛЗНЯ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»)

Казеев Андрей И. (opolzen@geoenv.ru)

Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии
им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)
Москва, Российская Федерация

Орлова Надежда Александровна (opolzen@geoenv.ru)

Младший научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии
им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)
Москва, Российская Федерация

Кучуков Марат М. (opolzen@geoenv.ru)

Младший научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии
им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)
Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрено строение оползневого цирка Воробьевых гор в Москве. Представлено уравнение для расчета глубины поверхности скольжения глубоких блоковых оползней. Данное уравнение получено на основе теоретических решений, разработанных в ИГЭ РАН [2–4] по оценке условий формирования предельного состояния в коренном массиве прибровочной части плато, при подготовке образования нового оползневого блока и катастрофической активизации оползневого процесса.

Ключевые слова: оползневые блоки, поверхность скольжения

Оползневой цирк Воробьевых гор в нынешних размерах образовался вследствие развития локальных оползневых очагов, в которых происходили подготовка и отделение оползневых блоков.

Существующая бровка оползневого склона Воробьевых гор в излучине Москвы-реки образована в результате многократного отделения от плато и развития массивных оползневых блоков на соседних участках правобережного склона (оползневые очаги развития глубоких блоковых оползней в пределах цирка Воробьевых гор).

В соответствии с механизмом образования оползня по типу «сжатие – выдавли-

вание» оползневой блок отделяется от плато крутой криволинейной поверхностью скольжения, почти отвесной у поверхности массива и совпадающей в нижней части с горизонтальной унаследованной поверхностью скольжения. Теоретические решения свидетельствуют [1], что критическая поверхность (поверхность разделения коренного массива и смещаемого блока) является сферической (у первичного оползня) или цилиндрической (в оползневом цирке с протяженной бровкой). В сечении, проходящем через центр оползневого очага, – это будет окружность.

Нами получено выражение по расчету

глубины до поверхности скольжения (основного деформирующегося горизонта (ОДГ) глубоких блоковых оползней:

$$Z_a = \frac{\frac{\pi}{2} H_{cr} - \frac{\sigma_{str}}{\gamma}}{\frac{\pi}{2} - 1}, \quad (1)$$

где γ – средний удельный вес грунтов, залегающих над ОДГ в оползнеопасном коренном массиве;

Z_a – глубина до ОДГ в коренном массиве;

σ_{str} – структурная прочность грунта ОДГ коренного массива, $\sigma_{str} = 2c + \gamma \cdot \varphi / 2$;

H_{cr} – критическая высота надоползневой уступа (высота откоса над оползневой террасой).

Оползневой участок Воробьевых гор образовался в результате развития глубоких блоковых оползней. Всего нами выделено 6 оползневых очагов, сформированных блоковыми оползнями в пределах излучины реки.

Глубина до поверхности скольжения, рассчитанная по формуле (1), изменяется в пределах от 60 м (под зданием Президиума РАН) до 84,5 м (в районе смотровой площадки) вследствие того, что высота склона также изменяется в пределах оползневого цирка. Абсолютные отметки **глубины поверхности скольжения (ПС)** в пределах выделенных очагов изменяются от 87 до 110 м.

В результате исследований получено, что в пределах оползневого цирка Воробьевых гор выделяется несколько очагов развития глубоких блоковых оползней. Глубины до поверхности скольжения в пределах выявленных очагов различаются вследствие изменения высоты оползневого склона. Стоит отметить, что глубины поверхности скольжения также изменяются и в пределах оползневого очага, где отметки повышаются к краевым частям оползневого очага, а максимальные глу-

бины находятся по центральным сечениям оползня (подобно вырезу «ложки»).

Наименьшая устойчивость надоползневой уступа установлена в районе профиля, проходящего через смотровую площадку. Здесь состояние массива краевой части плато близко к предельному, соответственно, подготовлены условия для формирования нового оползневого блока и развития катастрофической активизации оползневого процесса на склоне с отделением и оседание подготавливаемого оползневого блока. На этом участке склона имеется ровная протяженная оползневая терраса, свидетельствующая об этапе завершения оползневого цикла в данном оползневом очаге, что также указывает на уязвимость массива краевой части плато на данном участке и на необходимость усиления мониторинга за состоянием оползнеопасного массива.

Список литературы

1. Постоев Г.П. Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). М.; СПб: Нестор-История, 2013. 100 с.
2. Патент на изобретение № 2340729. Способ укрепления оползневого склона. 28.05.2007 / В.И. Осипов, Г.П. Постоев.
3. Патент на изобретение № 2412305. Способ определения глубины заложения в оползнеопасном коренном массиве потенциально деформирующегося горизонта. 20.02.2011. Бюл. № 5 / Г.П. Постоев, А.И. Казеев.
4. Патент на изобретение № 2413056. Способ укрепления оползнеопасного массива склона. 27.02.2011. Бюл. № 6 / Г.П. Постоев, А.И. Казеев.

THE CALCULATION OF MAIN PARAMETERS OF A DEEP LANDSLIDE (ON THE CASE OF THE VOROBYEVY HILLS, MOSCOW)

Kazeev Andrey I. (opolzen@geoenv.ru)

Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher

Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS

Moscow, Russian Federation

Orlova Nadezhda A. (opolzen@geoenv.ru)

Junior Researcher

Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS

Moscow, Russian Federation

Kuchukov Marat M. (opolzen@geoenv.ru)

Junior Researcher

Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS

Moscow, Russian Federation

Abstract

The structure of the Vorobyovy Hills landslide cirque in Moscow is considered. An equation for calculating the depth of the sliding surface of deep block landslides is presented. This equation was obtained on the basis of theoretical solutions developed at the IEG RAS [2–4], according to the assessment of the conditions of formation of the limit state in the bedrock mass (above the landslide), on the stage of preparation for the formation of a new landslide block and catastrophic activation of the landslide process.

Keywords: landslide blocks, sliding surface

УДК 624.131

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-31-33>

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ И ПОЛНОЦЕННОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА СТАДИИ «ПОДГОТОВКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ – ВТОРОЙ ЭТАП» И НА СТАДИИ «ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» ПО ОПЫТУ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Кропоткин Михаил Петрович (singeos@yandex.ru)

Доцент кафедры инженерных изысканий и геоэкологии

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Согласно СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» раздел 7: «Инженерно-геологические изыскания выполняют в один этап если территория хорошо изучена в инженерно-геологическом отношении, материалов и данных достаточно для определения окончательного местоположения проектируемого объекта, окончательного выбора типа и глубины фундаментов, а также для принятия проектных решений по инженерной защите». Могут ли эти условия во всех случаях соответствовать специфике дорожного строительства? СП 446.1325800.2019 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» для стадии «подготовка проектной документации – первый этап» устанавливает расстояние между выработками по трассе автодороги 350–500 метров, а для железной дороги – 250–500 метров.

На втором этапе инженерных изысканий «для подготовки проектной документации» для проектирования линейных сооружений изыскания выполняют (лишь) на участках:

- где предполагается возведение выемок, насыпей (выработки через 100–300 метров), искусственных сооружений и др.;
- переходов через водотоки;
- пересечений с транспортными и инженерными коммуникациями;

– с развитием опасных геологических и инженерно-геологических процессов или распространением слабоустойчивых грунтов.

Таким образом, при одностадийных изысканиях расположение таких участков для назначения объемов и состава работ должно быть установлено еще на стадии «обоснования инвестиций», где в соответствии с НД выполняются в основном дешифрирование аэро- и космоматериалов, маршрутная съемка и бурение через 500–1000 метров. Естественно, привлекаются и архивные материалы, но в случае дорожного строительства они, если и имеются, то обычно лишь на отдельные участки трассы.

Такая «пунктирность» изысканий под дорожные объекты ведет к пропуску на предпроектной стадии «обоснование инвестиций» и на стадии «подготовки проектной документации» (в случае одноэтапного выполнения) многих участков развития неблагоприятных грунтов, либо опасных процессов.

При строительстве автомобильной дороги Владивосток – Находка – порт Восточный был пропущен целый ряд крупных оползневых тел, участков активной овражной эрозии, что привело к деформации уже построенных путепроводов, откосов насыпей и т. д.

Так, на участке крупного и глубокого (23–24 метра) оползня исходный склон в

сторону моря пологий и сравнительно ровный, что затруднило распознавание оползневой опасности при первоначальных изысканиях. Насыпь пригрузила головную часть. Таким образом, оползневой процесс был выявлен лишь при взаимодействии с частично построенным сооружением. Это потребовало выполнения большого объема дополнительных изыскательских работ уже на стадии строительства для оценки устойчивости массивов, обоснования и проектирования инженерной защиты.

В основании насыпи автодороги (высота насыпи до 12 м) только при дополнительных изысканиях выявлено переслаивание сильнодеформируемых и среднедеформируемых грунтов, которые имеют неодинаковые прочностные и деформационные характеристики и параметры консолидации, что приводит к неравномерным осадкам и длительному уплотнению. Причиной деформации участка насыпи и полотна явилось наличие слабых грунтов, которые не были выделены при первоначальных изысканиях.

В соответствии с п. 7.4 СП 34.13330.2012 для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях, следует применять индивидуальные конструктивные решения, требующие обоснование специальными расчетами.

Проявление опасных геологических процессов требует демонтажа значительной части насыпей, переноса трассы с повторным ее возведением, либо строительства эстакад, крупных подпорных сооружений, осушения подтопленных участков и болот поверхностными дренажами, усиление русел ручьев и водотоков и закрепление бортов оврагов и т. д.

На участках глубоких выемок весьма неэффективно изучение строения массива с поверхности земли на стадии разработки проекта. Несмотря на значительный общий объем бурения, выполненного до вскрытия выемки, строение непосредственно оползнеопасных массивов оказалось изучено плохо. До вскрытия выемок в положение, близкое к первоначальному проектному профилю, оказалось невозможно выявить расположение локальных

участков обводнения, участков повышенной трещиноватости и сильновыветрелых зон пермских грунтов, что привело к возникновению ряда оползней уже на этапе строительства.

По результатам обследования откосов дополнительного бурения и повторных расчетов устойчивости выполнена значительная корректировка поперечного профиля выемок.

Лишь в выемках, вскрытых почти до проектного профиля, возможно зафиксировать детали геологического строения, оценить возможность и испытать варианты крепления откосов, оценить скорость выветривания и деградацию свойств грунтов в откосах.

При устройстве насыпи из местных материалов оценить их свойства в массиве и изменение их во времени во многих случаях также возможно лишь при натурном создании насыпи.

Непрогнозируемые изменения природной обстановки в период строительства также требуют проведения дополнительных изысканий.

В Краснодарском крае 13 августа 2021 года произошло выпадение аномальных осадков (до 175 мм), в результате чего было введено чрезвычайное положение в Темрюкском и Славянском районах. Произошло подтопление территории, общее поднятие уровня грунтовых вод (УГВ), полное изменение гидрогеологической обстановки и серьезное ухудшение инженерно-геологических условий.

Отсутствие уточняющих инженерных изысканий на проблемных участках трасс, предусматривавшихся ранее стадией «рабочая документация», а ныне стадией «подготовка проектной документации – второй этап», фактически не выполняющейся, ведет к продлению срока строительства на период от полугода до полутора лет и более и огромным материальным затратам на переустройство конструкций дорог и возведение сооружений инженерной защиты. Эти затраты на 1–2 порядка больше расходов на необходимые дополнительные инженерные изыскания. Изыскания для

дорожного (автомобильного и ж/д) строительства имеют радикальные отличия от других видов изысканий, обусловленные тем, что протяженность и, соответственно, изучаемые площади в сотни и тысячи раз превосходят площади изучения под другие объекты (здания, промышленные предприятия, ТЭС, ГЭС, карьеры и т. д.). При этом дорожное строительство отличается и от строительства других линейных объектов: трубопроводов, ЛЭП и т. д. – тем, что только в составе дорожных объектов имеются крупные и протяженные инженерные сооружения: мосты, путепроводы, тоннели большого диаметра, глубокие выемки, высокие насыпи и др.

Данная специфика дорожного строительства приводит к невозможности качественного изучения инженерно-геологических условий при фактически одностадийном проектировании.

Полноценные инженерные изыскания на стадиях «подготовка проектной документации – второй этап» и «при строительстве зданий и сооружений» для сооружений геотехнической категории КС-3 следует считать обязательными.

УДК 624.131

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-34>

МОНИТОРИНГ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

Шашкин Константин Георгиевич (cshashkin@yandex.ru)

Кандидат технических наук, заместитель генерального директора

ООО ИСП «Геореконструкция»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Доклад посвящен анализу оползневой опасности склонов реки – одной из важнейших геотехнических задач при проектировании и строительстве линейных транспортных сооружений. Рассматривается случай из практики развития оползневой опасности при строительстве мостового перехода через реку, протекающую в северо-западной части Русской равнины, в предглинтовой низменности. Опасность развития оползня на берегах реки не была отмечена при инженерно-геологических изысканиях, хотя признаки проявления оползней в избытке присутствовали на местности и в информационном пространстве. Тенденция развития опасного процесса проявилась уже в процессе строительства мостового перехода и потребовала оценки риска развития оползня и принятия адекватных мероприятий по усилению откоса для обеспечения механической безопасности сооружения. Приведены результаты численного моделирования формирования оползня, основанные на тщательно проведенных дополнительных инженерно-геологических исследованиях разреза, позволивших выявить характерные поверхности скольжения в толще кембрийских глин. Описан механизм

развития оползня в твердых и полутвердых отложениях кембрия, оказавшихся вблизи дневной поверхности, в условиях отсутствия перекрывающих их слоев четвертичных отложений. Особое внимание уделено верификации расчетной модели путем сравнения результатов измерений и сопоставимых результатов расчета. Продемонстрировано, что обратный расчетный анализ уже проявившихся оползней в сопоставимых инженерно-геологических условиях позволяет выполнить корректную оценку вероятного снижения механических свойств грунта в зоне скольжения, на основе которой может быть с высокой достоверностью оценен риск проявления оползневой опасности в перспективе. Расчетный анализ в совокупности с результатами мониторинга позволяет оценить эффективность различных мероприятий по обеспечению механической безопасности мостового перехода и выбрать оптимальный вариант усиления. Приведены основы построения системы мониторинга мостового перехода. Особое внимание уделено организации автоматизированного мониторинга в процессе эксплуатации сооружения.

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 624.07

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-35-36>

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Баглаев Николай Николаевич (n.baglaev@ktbbeton.com)

Кандидат технических наук, генеральный директор

АО «КТБ Железобетон»

Москва, Российская Федерация

Шевченко Андрей Викторович (a.shevchenko@ktbbeton.com)

Главный инженер

АО «КТБ Железобетон»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: железобетон, научно-техническое сопровождение, альтернативный расчет, уникальные здания

Строительство и проектирование уникальных зданий и сооружений – комплексный процесс, требующий квалифицированного подхода к оценке безопасности проектных решений и их реализации. Оценка использования новых конструктивных решений, материалов требует высокой квалификации и экспертных знаний в области прочности, устойчивости, опыта решения научных задач. При этом также необходим и опыт реального внедрения технологий, реализации решений. Отмечается, что с развитием вычислительной техники возникает иллюзия возможности выполнения расчетов без их глубокого анализа, полагаясь на квалификацию разработчиков программных средств.

Представлен опыт анализа различных объектов и расчетных ситуаций, отмечены основные аспекты выполнения работ как на этапе проектирования, так и на этапах строительства и эксплуатации.

Важен комплексный подход, организация, осуществляющая научно-техническое

сопровождение, должна иметь необходимый состав специалистов в области испытаний, анализа прочности и устойчивости, определения нагрузок, воздействий, расчетных ситуаций, экспертов в области оценки состояния конструкций, специалистов строительной лаборатории.

Важность и актуальность работ по сопровождению и аудиту проектных решений подтверждена большим практическим опытом и востребованностью услуг на рынке.

Список литературы

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. 2015.
2. Федеральный закон от 30.12.2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (с изменениями и дополнениями).
3. МРДС 02-08. Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. М.: Росстрой, 2008.

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT
OF DESIGN AND CONSTRUCTION**

Baglaev Nikolay N. (n.baglaev@ktbbeton.com)

Cand. Sci. (Engineering), General Director

KTB BETON GROUP

Moscow, Russian Federation

Shevchenko Andrey V. (a.shevchenko@ktbbeton.com)

Chief Engineer

KTB BETON GROUP

Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforced concrete, scientific and technical support, alternative analysis, unique buildings

**Научно-технический журнал
«Бетон и железобетон»
ISSN 0005-9889 (print)**

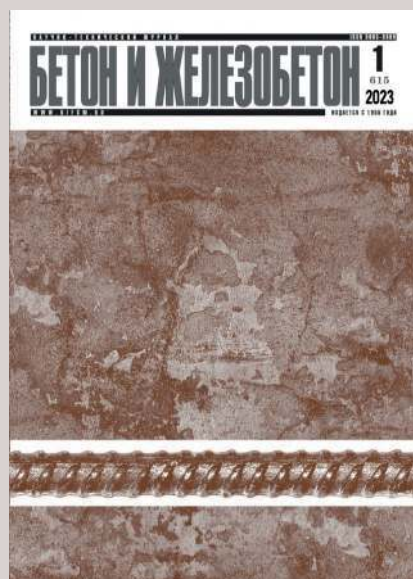
Периодическое печатное издание (6 раз в год).

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-76959 от 09.10.2019 г.

**Учредитель журнала: Ассоциация
«Железобетон»**

**Издатель журнала: АО «НИЦ
«Строительство»**



Главный редактор: А.И. Звездов, доктор технических наук, профессор, лауреат премий Правительства РФ, директор Научно-исследовательского института бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева (1994–2005), первый вице-президент Российской инженерной академии, заслуженный строитель РФ, почетный строитель Москвы.

Подписной индекс АРЗИ 85502

Приглашаем к сотрудничеству!

УДК 624.012

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-37-38>

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПРИНЦИПЫ И ПРАВИЛА МИРОВОЙ ТЕОРИИ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ

Беглов Александр Дмитриевич

Доктор экономических наук, Губернатор Санкт-Петербурга
Администрация Санкт-Петербурга
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Санжаровский Рудольф Сергеевич

Доктор технических наук, профессор
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
Астана, Республика Казахстан

Тер-Эммануильян Татьяна Николаевна (tanya_ter@mail.ru)

Доктор технических наук, профессор кафедры «Теоретическая механика»
Российский университет транспорта
Москва, Российская Федерация

Аннотация

Анализируются основы современной теории длительного сопротивления железобетона на примере моделей, включенных в стандарты Америки, Европы, других стран. Анализ проводится в рамках определений, известных рядовому инженеру-строителю.

Ключевые слова: теория ползучести бетона, принцип наложения, мгновенные упругие деформации, пластический шарнир, длительное сопротивление железобетона, современные строительные нормы

Основная часть

Рассматриваются основы современной теории длительного сопротивления железобетона на примере моделей, включенных в стандарты Америки, Европы, других стран (ACI 209. 3R – XX; fib, Model Code for Concrete Structures 2010; и т. д.) Рассмотрена сущность правил и принципов построения теории: меры (характеристики) ползучести бетона; диаграмма мгновенного деформирования; правило построения закона ползучести; принцип наложения мгновенных деформаций (линейных, нелинейных); алгебраическая форма закона ползучести; рассмотрены задачи расчета конструкций, принятые в стандартах и нормах.

Заключение

Проводятся экспериментальные и математические оценки.

Список литературы

1. Беглов А.Д., Санжаровский Р.С., Бондаренко В.М. Евростандарты и нелинейная теория железобетона. Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды II Всероссийской (международной) конференции. Том 1. Пленарные доклады. Москва, 2005. С. 119–131.
2. Sanjarovskiy R., Ter-Emmanuilyan T., and Manchenko M. (2015) Creep of Concrete and Its Instant Nonlinear Deformation in the Calculation of Structures. CONCREEP 10: pp. 238–247.

3. Бетон и железобетон – взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. Москва, 2014.

4. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Москва, 1991. 767 с.

5. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. Москва, 1967. 984 с.

PRINCIPLES AND RULES OF THE WORLD THEORY OF CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES FOR CREEP

Beglov Alexander D.

Dr. Sci. (Economic), Governor of St. Petersburg
St. Petersburg, Russian Federation

Sanzharovskiy Rudolf S.

Dr. Sci. (Engineering), Professor
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Astana, Republic of Kazakhstan

Ter-Emmanuilyan Tatyana N. (tanya_ter@mail.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor Department of Theoretical Mechanics
Russian University of Transport
Moscow, Russian Federation

Keywords: theory of concrete creep, superposition principle, instantaneous elastic deformations, plastic hinge, long-term resistance of reinforced concrete, modern building codes

УДК 666.98

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-39-43>

РАЗРУШЕНИЕ БЕТОНА В КОНТАКТНОМ СЛОЕ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СЦЕПЛЕНИЯ И АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В БЕТОНЕ

Бедарев Владимир Васильевич (ooo-rigul@mail.ru)

Кандидат технических наук, заместитель директора
Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»
Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Никита Владимирович (nikita_bedarev@mail.ru)

Инженер
Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»
Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Андрей Владимирович (bedarevav@gmail.com)

Инженер
Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»
Новокузнецк, Российская Федерация

Аннотация

Представлено теоретическое обоснование изменения характера разрушения бетона контактного слоя в зоне анкеровки в зависимости от геометрических параметров периодического профиля арматуры в соответствии с базовыми положениями общей теории сцепления и анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне (ОТС). Приведен анализ результатов экспериментальных исследований, подтверждающих изменение характера и последовательности разрушения бетона в зоне анкеровки при изменении шага поперечных ребер кольцевого периодического профиля формы 1ф по ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия». Доказана возможность повышения сейсмостойкости железобетонных конструкций, согласно ОТС, при изменении геометрических размеров профиля и последовательности разрушения бетона в контактном слое. Приведено сравнение свойств арматуры с периодическими профилями по ГОСТ 34028-2016 и арматуры с профилем, соответствующим базовым положениям ОТС, и сравнение возможности снижения металлоемкости железобетона за счет включения в работу на растяжение поперечных ребер профиля.

Ключевые слова: характеристика профиля, характеристика прочности бетона, арматура, сейсмические воздействия, шаг поперечных ребер, высота ребра, ширина ребра в верхней части, деформации втягивания

Общая теория сцепления и анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне (ОТС) основывается на двух базовых положениях.

Первое базовое положение – разделение характеров разрушения анкеровки.

В ОТС характер разрушения «срез» рас-

сматривается как два характера разрушения бетона в контактном слое:

- разрушение бетона под рабочими площадками (боковыми поверхностями) поперечных ребер периодического профиля арматуры;

- разрушение бетона при срезе бетона

части оснований бетонных опорных цилиндров между поперечными ребрами периодического профиля арматуры.

При разрушении анкеровки по характеру «срез» величина напряжений σ_s в арматуре при выдергивании стержней из бетона находится в зависимости от величины относительной площади смятия поперечных ребер периодического профиля f_R .

Второе базовое положение определяет напряженно-деформированное состояние бетонных опорных цилиндров и характер разрушения бетона между поперечными ребрами арматуры периодического профиля.

При достаточном поперечном армировании зоны анкеровки [2, 3]

$$A_{sw} = \frac{R_s}{R_{sw}} \left(2 \cdot A_s - \frac{d \cdot \sin \beta \cdot c \cdot R_{bt}}{4,5263 \cdot (1 + 0,4278 \cdot \log f_R) \cdot R_b} \right)$$

в зависимости от размеров шага поперечных ребер периодического профиля возможно разрушение бетона контактного слоя как в результате среза бетона оснований бетонных опорных цилиндров, так и в результате разрушения бетона под рабочими площадками (боковыми поверхностями) поперечных ребер.

Последовательность разрушения контактного слоя бетона определяется шагом поперечных ребер периодического профиля арматуры.

Если геометрические параметры периодического профиля арматуры: шаг t поперечных ребер, высота h , ширина в верхней b части, призмная прочность бетона R_b и сопротивление бетона срезу R_{cp} – находятся в следующих соотношениях

$$B_A = \frac{t-b}{h} \leq B_B - 4 = \frac{R_b}{R_{cp}} - 4 = \frac{R_b}{0,7 \cdot \sqrt{R_b \cdot R_{bt}}}; \quad (1)$$

$$t \leq \frac{R_b}{R_{cp}} \cdot h + b$$

$$B_B = \frac{R_b}{R_{cp}} + 4 > B_A = \frac{t-b}{h} > B_B - 4 = \frac{R_b}{R_{cp}}; \quad (2)$$

$$\left(\frac{R_b}{R_{cp}} + 4 \right) \cdot h + b > t > \frac{R_b}{R_{cp}} \cdot h + b$$

$$B_A = \frac{t-b}{h} = B_B = \frac{R_b}{R_{cp}} + 4 = \frac{R_b}{0,7 \cdot \sqrt{R_b \cdot R_{bt}}} + 4;$$

$$t = \left(\frac{R_b}{R_{cp}} + 4 \right) \cdot h + b \quad [6]. \quad (3)$$

При указанных геометрических параметрах периодического профиля арматуры напряжения в бетоне опорного цилиндра под рабочей площадкой (боковой поверхностью) поперечного ребра не достигают предельных значений прочности бетона при сжатии $\sigma_b < R_b$. Разрушение анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне происходит вследствие среза бетона основания бетонного опорного цилиндра.

В результате среза бетона основания бетонного опорного цилиндра между поперечными ребрами происходит полное нарушение взаимной связи контактного слоя и бетонной оболочки, а анкеровка арматуры периодического профиля в бетоне разрушается полностью.

Если геометрические параметры периодического профиля арматуры находятся в соотношениях

$$B_A = \frac{t-b}{h} > B_B = \frac{R_b}{R_{cp}} + 4 = \frac{R_b}{0,7 \cdot \sqrt{R_b \cdot R_{bt}}} + 4;$$

$$t > \left(\frac{R_b}{R_{cp}} + 4 \right) \cdot h + b \quad [7, 8], \quad (4)$$

то при разрушении анкеровки напряжения в бетоне опорного цилиндра под рабочей площадкой (боковой поверхностью) поперечного ребра достигают предельных значений прочности бетона при сжатии R_b .

Напряжения же в бетоне части основания бетонного опорного цилиндра не достигают предела прочности при срезе R_{cp} .

В результате происходит частичное разрушение анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне – разрушение бетона только под рабочей площадкой (боковой поверхностью) поперечного.

При частичном разрушении контактного слоя, т. е. при разрушении бетона под рабочей площадкой (боковой поверхно-

стью) поперечного ребра, анкеровка арматуры периодического профиля в бетоне сохраняется и обеспечивается сопротивлением срезу бетона части основания бетонного опорного цилиндра.

В [6] представлены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности сцепления арматуры различного периодического профиля по ГОСТ 34028-2016 с бетоном.

Наибольший интерес представляют результаты измерений деформаций вытягивания стержней, полученные при испытаниях железобетонных балок, армированных арматурой диаметром 20 мм кольцевого периодического профиля формы 1ф с различным шагом поперечных ребер – «частым» при $t = 8,1$ мм и «редким» при $t = 14,8$ мм.

Графически деформации вытягивания арматуры железобетонных балок Б1-5, Б1-6 и Б2-13, Б2-14 представлены на рис. 1.

Развитие деформаций вытягивания арматуры с шагом поперечных ребер $t = 8,1$ мм из бетона указывает на полное разрушение анкеровки арматуры и совпадает с характером разрушения анкеровки в результате среза бетона оснований бетонных опорных цилиндров, рассмотренном в (1).

На графиках деформаций вытягивания арматуры с шагом поперечных ребер $t = 14,8$ мм железобетонных балок Б2-13 и Б2-14 при внешней нагрузке около 120 кН имеется участок приращения деформаций вытягивания величиной, равной или превышающей величину суммарных деформаций вытягивания арматуры, достигнутых при предыдущих этапах нагружения.

Величина приращения деформаций вытягивания и их последующая стабилизация позволяют утверждать о частичном разрушении бетона контактного слоя в зоне анкеровки арматуры периодического профиля.

В виду того, что полное разрушение анкеровки произошло после приложения нагрузки, значительно превышающей нагрузку, при которой отмечено приращение деформаций, можно также утверждать, что приращение деформаций свидетельствует о разрушении бетона контактного слоя под рабочей площадкой (боковой поверхностью) поперечного ребра арматуры без среза бетона части основания бетонного опорного цилиндра.

Заключение

Арматура для железобетонных конструкций, применяемых в сейсмических

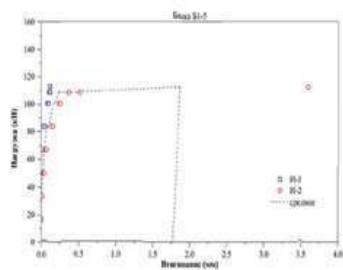


Рисунок 4.41 – Деформации вытягивания арматуры опытной балки Б1-5

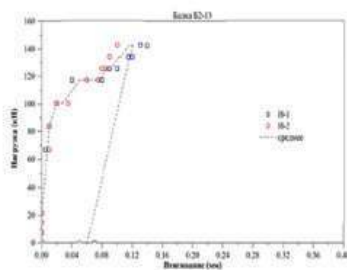


Рисунок 4.49 – Деформации вытягивания арматуры опытной балки Б2-13

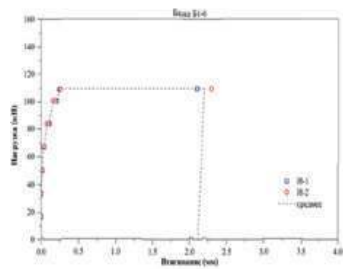


Рисунок 4.42 – Деформации вытягивания арматуры опытной балки Б1-6

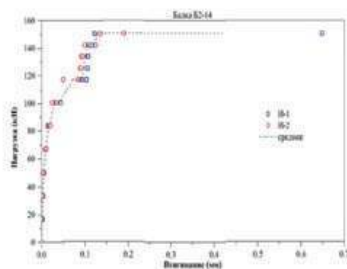


Рисунок 4.50 – Деформации вытягивания арматуры опытной балки Б2-14

Рис. 1. Графики деформаций вытягивания арматуры периодического профиля диаметром 20 мм кольцевого периодического профиля формы 1ф при $t = 8,1$ мм (рис. 4.41 и 4.42 нумерация согласно [6]) и $t = 14,8$ мм (рис. 4.49 и 4.50 нумерация согласно [6])

опасных районах, должна иметь периодический профиль с геометрическими размерами, определенными в соответствии с требованиями [2, 3].

Список литературы

1. Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В. Общая теория сцепления и анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. 160 с. ISBN 978-5-7806-0398-6

2. Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В. Общая теория сцепления и анкеровки арматуры периодического профиля в бетоне. 2-е издание, дополненное. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2020. 267 с. ISBN 978-5-7806-0538-6

3. Патент РФ 2545235 С1. Арматурный стержень периодического профиля /

Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В., Звездов А.И. Заявл. 11.09.2013. Оpubл. 27.03.2015. Бюл. № 9.

4. Патент РФ 2574087 С2. Универсальный арматурный стержень периодического профиля / Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В., Звездов А.И. Заявл. 15.04.2014. Оpubл. 28.12.2015. Бюл. № 29.

5. Патент РФ 2599647 С1. Арматурный стержень периодического профиля / Бедарев В.В., Бедарев Н.В., Бедарев А.В., Звездов А.И. Заявл. 26.05.2015. Оpubл. 19.09.2016. Бюл. № 28.

6. Отчет НИОКР. Исследование прочности и деформативности сцепления арматуры различного периодического профиля по ГОСТ 34028-2016 с бетоном. М.: АО «НИЦ «Строительство», 2020. 156 с.

THE DESTRUCTION OF CONCRETE IN THE CONTACT LAYER BASED ON BASIC PROVISIONS OF GENERAL THEORY OF ADHESION AND ANCHORING OF PERIODIC PROFILE REINFORCEMENT IN CONCRETE

Bedarev Vladimir V. (ooo-rigul@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Deputy Director
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Nikita V. (nikita_bedarev@mail.ru)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Andrey V. (bedarevav@gmail.com)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Abstract

The theoretical substantiation of the change in the nature of concrete destruction of the contact layer in the anchoring zone depending on the geometric parameters of the periodic profile of the reinforcement in accordance with the basic provisions of the general theory of adhesion and anchoring of the reinforcement of the periodic profile in concrete (GTA) is presented. The analysis of the results of experimental studies confirming the change in the nature and sequence of concrete destruction in the anchoring zone when changing the pitch of the transverse ribs of the circular periodic profile of the form 1f according to GOST 34028-2016 "Reinforcing bars for reinforced concrete structures. Technical conditions" is made. The possibility of increasing the seismic resistance of reinforced concrete structures according to the GTA is proved when changing the geometric dimensions of the profile and the sequence of

concrete destruction in the contact layer. The comparison of the properties of reinforcement with periodic profiles according to GOST 34028-2016 and reinforcement with a profile corresponding to the basic provisions of the GTA and the possibility of reducing the metal consumption of reinforced concrete due to including the transverse ribs of the profile in the stretching work is given.

Keywords: profile characteristics, concrete strength, reinforcement, seismic impacts, transverse rib pitch, rib height, rib width, retraction deformations

References

1. Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V. *Obschaya teoriya stsepleniya i ankerovki armatury periodicheskogo profilya v betone* [General theory of adhesion and anchoring of reinforcement periodic profile in concrete]. Novokuzneck: Izdatel'skij tsentr SibGIU, 2014. 160 p. ISBN 978-5-7806-0398-6
2. Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V. *Obschaya teoriya stsepleniya i ankerovki armatury periodicheskogo profilya v betone. 2-e izdanie, dopolnennoe* [General theory of adhesion and anchoring of reinforcement periodic profile in concrete]. Novokuzneck: Izdatel'skij tsentr SibGIU, 2020. 267 p. ISBN 978-5-7806-0538-6
3. Patent RF 2545235 C1. *Armaturnyj sterjen' periodicheskogo profilia* [Periodic profile reinforcement bar]. Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V., Zvezdov A.I. Declared 11.09.2013. Published 27.03.2015. Bulletin No. 9 (In Russian).
4. Patent RF 2574087 C2. *Universal'nij armaturnyj sterjen' periodicheskogo profilia* [Periodic profile universal reinforcement bar]. Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V., Zvezdov A.I. Declared 15.04.2014. Published 28.12.2015. Bulletin No. 29 (In Russian).
5. Patent RF 2599647 C1. *Armaturnyj sterjen' periodicheskogo profilia* [Periodic profile reinforcement bar]. Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V., Zvezdov A.I. Declared 26.05.2015. Published 19.09.2016. Bulletin No. 28 (In Russian).
6. *Otchet NIOKR. Issledovanie prochnosti i deformativnosti stsepleniya armatury razlichnogo periodicheskogo profilya po GOST 34028-2016 s betonom* [Research of the strength and deformability of adhesion of reinforcement of various periodic profiles according to GOST 34028-2016 with concrete]. Moscow: AO NITS Stroitel'stvo, 2020. 156 p.

УДК 624

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-44-46>

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛИТ БОЛЬШОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ

Кабанцев Олег Васильевич (ovk531@gmail.com)

Доктор технических наук, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Крылов Сергей Борисович (niizhb_lab8@mail.ru)

Доктор технических наук, заведующий лабораторией механики железобетона

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Трофимов Сергей Владиславович (niizhb_lab8@mail.ru)

Младший научный сотрудник лаборатории механики железобетона (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева); аспирант кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» (НИУ МГСУ)

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: численные методы расчета, продавливание, железобетонные плиты и фундаменты

Анализ научной литературы показал, что при увеличении толщины плиты наблюдается увеличение несущей способности по критерию продавливания во всем диапазоне исследуемых толщин плит. Однако, в плитах средней и большой толщины ($h_0 \geq 0,25$ м) тенденция роста несущей способности существенным образом меняется по отношению к плитам малой толщины. В диапазоне средних и больших толщин плит прирост несущей способности (в %) снижается по отношению к приросту (в %) толщины в сравнении с тонкими плитами. В наиболее ярко выраженном виде это явление наблю-

дается в образцах Н.Н. Коровина [1], G. Birkle [2] и ряда других исследователей. Этот эффект в научных публикациях получил наименование «размерный эффект».

В действующих нормативных документах ЕС 2, АСІ 318 и МС 2010 размерный эффект учитывается, но методики учета имеют существенные различия. Следует отметить, что в СП 63 размерный эффект не учитывается. Общая картина влияния размерного эффекта с учетом данных экспериментальных исследований и норм представлена на рис. 1.

Сопоставительный анализ результатов нормативного прогноза несущей способности с данными экспериментальных исследований показывает, что при значениях условной гибкости в диапазоне малых величин условной гибкости плиты $\lambda_{плт.}^{услв.} = 1...2,5$ нормативные оценки несущей способности плитных конструкций на продавливание согласно СП 63 и МС 2010 дают переоценку несущей способности в 46 и 22 % относительно полученных экспериментальных данных по разрушающим нагрузкам $F_{экс.}$, при этом, при использовании методики, предложенной Ваžант Р. согласно АСІ 318, происходила значительная недооценка несущей способности до 40 %. При этом с увеличением условной гибкости плиты в диапазоне $\lambda_{плт.}^{услв.} = 7,0...10$ была также выявлена переоценка несущей способности на продавливание согласно СП 63, ЕС 2 и АСІ 318. Также следует отметить, что с увеличением толщины экспериментальных образцов нормативная оценка несущей способности плит на продавливание согласно СП 63 плохо коррелируется с экспериментальными данными, переоценка несущей способности при малом коэффициенте продольного армирования $\mu = 0,33\%$ составляет 56 %, при средних значениях

$\mu = 0,75...0,78\%$ составляет 22...46 %. Следует также отметить, что учет коэффициента продольного армирования в нормативном прогнозе несущей способности плит по критерию продавливания обеспечивает лучшую корреляцию с результатами экспериментальных исследований.

Для проверки вклада размерного эффекта на несущую способность при продавливании были выполнены численные исследования в ПК АТЕНА и ПК ЛИРА-САПР 2021.

Из сопоставительного анализа полученных по результатам численных расчетов было установлено, что получаемая теоретическая разрушающая нагрузка и максимальные перемещения в момент разрушения для изолированного фрагмента плиты толщиной 600 мм при моделировании полной расчетной схемы и 1/4 имеют незначительную погрешность по сравнению с расчетом полной модели при размере КЭ: $60 \times 60 \times 60$ мм – 1,6 и 3,5 %.

В табл. 1 приведен сопоставительный анализ полученной разрушающей нагрузки для фрагмента плиты толщиной 600 мм в ПК АТЕНА с нормативной несущей способностью плитных конструкций на продавливание.

Из результатов анализа видно, что нор-

Маркировка образцы	$V_{sim,ATENA},$ кН	$\frac{V_{sim,ATENA}}{V_{Rd,c,EC2}}$	$\frac{V_{sim,ATENA}}{V_{Rd,c,MC101.11}}$	$\frac{V_{sim,ATENA}}{F_{b,плт,СП63}}$	$\frac{V_{sim,ATENA}}{V_{Rd,c,ACI19}}$
1/4 модели. Размер КЭ: $60 \times 60 \times 60$ мм	3108,65	0,74	0,769	0,701	1,098

Таблица 1

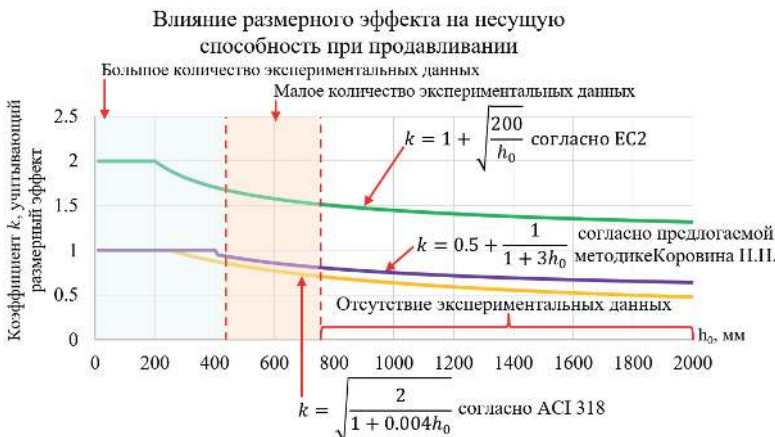


Рис. 1. Влияние размерного эффекта при нормативной оценке несущей способности плиты по критерию продавливания согласно ЕС 2, АСІ 318 и методике Коровина Н.Н. [1]

мативная оценка как по отечественным нормам, так и по европейским нормам, дает завышенную несущую способность плиты на продавливание относительно полученной теоретической разрушающей нагрузки в ПК АТЕНА $V_{sim,ATENA} = 3108,65$ кН.

Список литературы

1. Коровин Н.Н., Голубев А.Ю. Продавливание толстых железобетонных плит // *Бетон и железобетон*. 1989. № 11. С. 20–23.
2. Birkle G. Punching of Flat Slabs: The Influence of Slab Thickness and Stud Layout (Thesis) / The University of Calgary. Calgary, 2004. 217 p.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

Печатное и сетевое рецензируемое научно-техническое издание, в котором публикуются результаты теоретических и экспериментальных исследований по строительным материалам, конструкциям, сооружениям, основаниям и фундаментам при статических и динамических воздействиях.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации печатного издания ПИ № ФС77-75188 от 22.02.2019 г., сетевого издания – Эл № ФС77-82129 от 18.10.2021 г.

Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN (International Standard Serial Number): печатное – 2224-9494, сетевое – 2782-3938.

Журнал издается на платформе Elpub Национального консорциума российских библиотек (НЭИКОН). Журнал индексируется в академических базах данных и информационных системах: ROAD, CrossRef, Академия Google. Входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLIBRARY.ru.

Журнал «Вестник НИЦ «Строительство» (print) включен в утвержденный Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Тираж печатного издания – 500 экземпляров.

Подробная информация на сайте vestnik.cstroy.ru



Подписной индекс ООО «Урал Пресс», ООО «АРЗИ» – 36569.

Приглашаем к сотрудничеству ученых, аспирантов, исследователей!

Адрес редакции: г. Москва,
2-я Институтская, дом 6, корпус 1,
кабинет 115

Тел. редакции: +7(495)602-00-70
доб. 1022, 1023

Выпускающий редактор –
Починина Наталья

e-mail: pochininane@cstroy.ru



УДК 69.07

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-48-50>

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Терехов Иван Александрович (terekhov-i@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» (РУТ (МИИТ)); ведущий научный сотрудник (АО «ЦНИИПромзданий») ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)); АО «ЦНИИПромзданий» Москва, Российская Федерация

Трекин Николай Николаевич (nik-trekin@yandex.ru)

Доктор технических наук, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» (НИУ МГСУ); начальник отдела конструктивных систем № 1 (АО «ЦНИИПромзданий») ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); АО «ЦНИИПромзданий» Москва, Российская Федерация

Кодыш Эмиль Наумович (otks@narod.ru)

Главный научный сотрудник
АО «ЦНИИПромзданий»
Москва, Российская Федерация

Шмаков Сергей Д. (sergey3456789@gmail.com)

Старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» (РУТ (МИИТ)); аспирант, младший научный сотрудник (АО «ЦНИИПромзданий») ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)); АО «ЦНИИПромзданий» Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: механическая безопасность, железобетонные конструкции, жизненный цикл, допустимый срок эксплуатации, здание, обследование, дефект, категория технического состояния

Большое количество эксплуатируемых зданий с железобетонными конструкциями приближается к нормативному (проектному) сроку службы или превышает его. В то же время имеется много примеров, когда здания выводятся из эксплуатации досрочно, в основном из-за аварийного состояния конструкций. Данное несоответствие нормативных сроков службы с фактическими говорит о нерациональном использовании ресурса железобетонных конструкций, что приводит к дополнительным расходам.

Обеспечение механической безопас-

ности эксплуатируемых зданий на всех этапах жизненного цикла является актуальной задачей. Это особенно важно при планировании проведения в зданиях капитального ремонта и реконструкции, а также определении срока безопасной эксплуатации от момента проведения обследования, т. е. уточнения остаточного срока службы.

**Влияние доэксплуатационной
стадии работы конструкций на их
долговечность**

Изготовление, транспортирование кон-

струкций и возведение зданий представляет собой сложную систему, в которой необходимо учитывать влияние температур, усилий обжатия, трения, меняющихся прочностных и физико-механических характеристик, динамические и статические воздействия технологического оборудования, подъемных и транспортировочных механизмов и средств, надежность узлов сопряжения, точность изготовления и монтажа элементов каркаса и т. д. [1].

Дефекты доэксплуатационной стадии работы конструкции могут развиваться на стадии эксплуатации. Одновременно с этим на стадии эксплуатации с учетом условий ее проведения могут образовываться и новые дефекты в результате негативного воздействия нагрузок и окружающей среды, а также естественных деградиционных процессов материалов строительных конструкций и нарушения правил эксплуатации.

Особенности применения технологии информационного моделирования на стадии эксплуатации

Строительные конструкции во время эксплуатации испытывают различные воздействия как контролируемые, так и не контролируемые (окружающая среда, температурно-влажностный режим, местная перегрузка, низкое качество ремонтных работ и т. д.). Все это приводит к из-

менению начальных свойств материалов, появлению дефектов, а в крайних случаях – может служить причиной аварии. Информация о подобных воздействиях, а также дефектах должна быть занесена специалистом в информационную модель. Технология информационного моделирования облегчает анализ проектных решений по эксплуатируемым объектам, что особенно важно для железобетонных конструкций.

Методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций

Предлагаемая методика оценки эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций устраняет некоторые недостатки существующих методик [2, 3], а также позволяет определить по результатам визуального обследования:

- допускаемые сроки эксплуатации между обследованиями зданий в зависимости от категории технического состояния отдельных конструкций при учете совместного влияния дефектов, расположенных на одной конструкции (рис. 1);
- ориентировочные сроки до проведения капитального ремонта зданий.

Подробный принцип построения разработанной методики, учет совместного влияния дефектов, а также условий эксплуатации рассмотрен в статье [4].

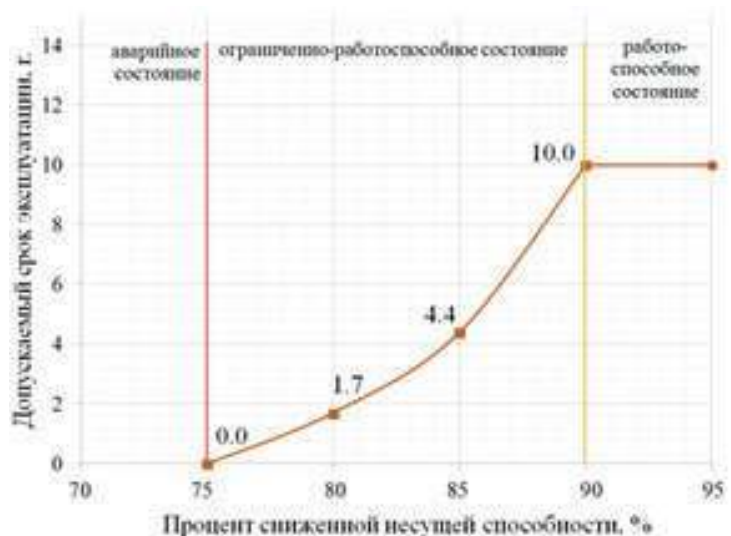


Рис. 1. График зависимости допустимого срока эксплуатации от процента сниженной несущей способности

Список литературы

1. Король Е.А. Особенности расчета стеновых панелей с монолитной связью слоев на стадиях монтажа, транспортирования и эксплуатации / Е.А. Король, М.Н. Берлинова // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 3(126). С. 367–375.
2. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ФГУП ЦПП, 2001. 100 с.
3. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс]. ФАУ «ФЦС», 2018. 50 с. Режим доступа: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp34_2018.pdf (дата обращения: 13.03.2023).
4. Трекин Н.Н. Методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций / Н.Н. Трекин, Э.Н. Кодыш, И.А. Терехов, С.Д. Шмаков, О.С. Щедрин // *Academia. Архитектура и строительство*. 2022. № 4. С. 152–159.

ENSURING THE MECHANICAL SAFETY OF REINFORCED CONCRETE BEARING STRUCTURES AT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE

Terekhov Ivan A. (terekhov-i@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department “Building structures, buildings and structures” (RUT (МИТ)); Leading Researcher (JSC TSNIIPromzdaniy) Russian University of Transport (RUT (МИТ)); JSC TSNIIPromzdaniy Moscow, Russian Federation

Trekin Nikolai N. (nik-trekin@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department “Reinforced Concrete and Stone Structures” (National Research Moscow State University of Civil Engineering); Head of Structural Systems Department No. 1 (JSC TSNIIPromzdaniy) National Research Moscow State University of Civil Engineering; JSC TSNIIPromzdaniy Moscow, Russian Federation

Kodysh Emil N. (otks@narod.ru)

Chief Researcher
JSC TSNIIPromzdaniy
Moscow, Russian Federation

Shmakov Sergey D. (sergey3456789@gmail.com)

Senior Lecturer of the Department “Building structures, buildings and structures” (RUT (МИТ)); Postgraduate Student, Junior Researcher (JSC TSNIIPromzdaniy) Russian University of Transport (RUT (МИТ)); JSC TSNIIPromzdaniy Moscow, Russian Federation

Keywords: mechanical safety, reinforced concrete structures, life cycle, allowable service life, building, inspection, defect, category of technical condition

УДК 624.044.3

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-51-53>

РАСЧЕТ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ СТЕРЖНЕЙ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Шевченко Андрей Викторович (a.shevchenko@ktbbeton.com)

Главный инженер

АО «КТБ Железобетон»

Москва, Российская Федерация

Баглаев Николай Николаевич (n.baglaev@ktbbeton.com)

Кандидат технических наук, генеральный директор

АО «КТБ Железобетон»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: железобетон, физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, численные методы

Требование действующих норм к расчетам в физической и геометрической нелинейности железобетонных конструкций [1–2] очень мало освещено в методической и нормативной литературе. Возможным решением данной задачи является шагово-итерационный метод [3–4] с корректировкой жесткостных характеристик и учетом дополнительных моментов при продольном изгибе.

В качестве методического примера рассмотрим сжато-изгибаемый стержень с шарнирно закрепленными концами, нагруженным сосредоточенной сжимающей силой и изгибающим моментом (см. рис. 1). Разобьем стержень на отдельные участки. Жесткости на каждом из них находим из системы уравнений:

$$D_{11} \frac{1}{\rho_x} + D_{13} \varepsilon_0 = M_x, \quad (1)$$

$$D_{31} \frac{1}{\rho} + D_{33} \varepsilon_0 = N, \quad (2)$$

В общем виде решение на каждом шаге можно записать в виде итераций:

$$\left(\frac{1}{\rho_x} \right)_j^{(k)} = \frac{M_{x,j}}{D_{11,j}^{(k-1)}} - \left(\frac{D_{13,j}^{(k-1)}}{D_{11,j}^{(k-1)}} \right) (\varepsilon_0)_j^{(k-1)}, \quad (3)$$

$$(\varepsilon_0)_j^{(k)} = \frac{N}{D_{33,j}^{(k-1)}} - \left(\frac{D_{31,j}^{(k-1)}}{D_{33,j}^{(k-1)}} \right) \left(\frac{1}{\rho_x} \right)_j^{(k-1)}, \quad (4)$$

где (k) – номер итерации;

j – шаг загрузения.

Перемещения складываются из прогибов от действия изгибающих моментов и прогибов стержня от сжимающей нагрузки. В общем виде вычисление деформаций на каждом шаге можно решить методом начальных параметров:

$$y_i = A_{y,i} \cdot y_0 + B_{y,i} \cdot \theta_0 + C_{y,i}, \quad (5)$$

$$\theta_i = A_{\theta,i} \cdot y_0 + B_{\theta,i} \cdot \theta_0 + C_{\theta,i}. \quad (6)$$

Здесь коэффициенты уравнений (5) и (6) выражаются зависимостями:

$$A_{y,i} = A_{y,i-1} + A_{\theta,i-1} \cdot L_{i-1}, \quad (7)$$

$$B_{y,i} = B_{y,i-1} + B_{\theta,i-1} \cdot L_{i-1}, \quad (8)$$

$$C_{y,i} = C_{y,i-1} + C_{\theta,i-1} \cdot L_{i-1},$$

$$C_{y,i} = C_{y,i-1} + C_{\theta,i-1} l_i + \frac{M_{i-1} l_{i-1}^2}{2D_{i-1}} + \frac{Q_{i-1} l_{i-1}^3}{6D_{i-1}} + \frac{(q+kx_{i-1}) l_{i-1}^4}{24D_{i-1}} + \frac{kl_{i-1}^5}{24D_{i-1}}, \quad (9)$$

для перемещений и

$$A_{\theta,i} = A_{\theta,i-1}, \quad (10)$$

$$B_{\theta,i} = B_{\theta,i-1}, \quad (11)$$

$$C_{\theta,i} = C_{\theta,i-1}, \quad (12)$$

$$C_{\theta,i} = C_{\theta,i-1} + \frac{M_{i-1}l_{i-1}}{D_{i-1}} + \frac{Q_{i-1}l_{i-1}^2}{2D_{i-1}} + \frac{(q+kx_{i-1})l_{i-1}^3}{6D_{i-1}} + \frac{kl_{i-1}^4}{24D_{i-1}}, \quad (13)$$

для угла поворота.

Здесь M_{i-1} – изгибающий момент в $i-1$ сечении;

Q_{i-1} – поперечная сила в $i-1$ сечении;

q – равномерно распределенная нагрузка;

k – тангенс угла наклона трапециевидной нагрузки;

D_{i-1} – жесткость при изгибе $i-1$ участка;

l_{i-1} – длина участка.

Для продольного изгиба величину перемещений выпучивания находим из зависимостей:

$$\left(\frac{f_0}{L}\right)^2 = -\frac{9}{2} \frac{\cos\left(\frac{\chi L}{2}\right)}{\chi^2 L^2 \left(2 - 3\cos\left(\frac{\chi L}{2}\right) + \left(\cos\left(\frac{\chi L}{2}\right)\right)^3\right)}, \quad (14)$$

$$\chi^2 = \frac{N_{cr}}{D_i}, \quad (15)$$

где f_0 – прогиб в середине пролета при действии критической силы N_{cr} ;

L – пролет элемента.

Тогда распределение прогибов при на-

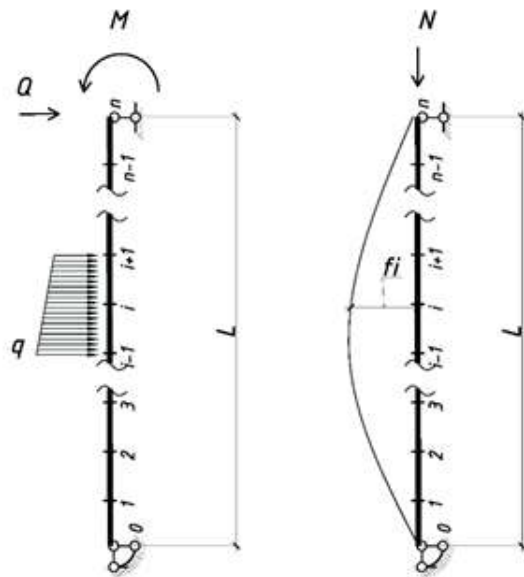


Рис. 1. Расчетные схемы сжато-изогнутого элемента

чале координат на одном из концов стержня найдем по формуле:

$$f_i = \frac{N}{N_{cr}} \sin\left(\frac{\pi x_i}{L}\right), \quad (16)$$

где x_i – координата сечения, в котором определяются прогибы.

Расчет сжато-изгибаемого элемента производим в следующем порядке:

- разбиваем элемент на отдельные участки;

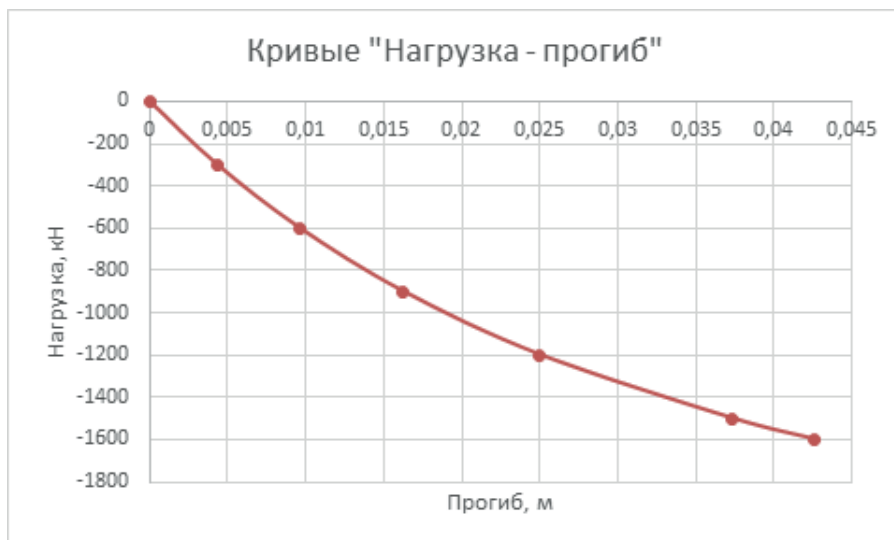


Рис. 2. Зависимость «Нагрузка – прогиб» численного примера

– находим внутренние усилия от действия поперечной нагрузки;

– вычисляем дополнительный изгибающий момент от сжимающей силы Nf_i ;

– по формулам (6)–(14) определяем прогибы;

– по формулам (1)–(4) корректируем жесткости;

– весь процесс повторяется до сходимости (например, по максимальному моменту или жесткости), а также контроле предельных деформаций бетона и арматуры.

В качестве примера расчета рассмотрим сжато-изгибаемый стержень сечением размерами 400×400 см; тяжелый бетон класса В25 ($R_b = 14,5$ МПа), продольная арматура класса (4Ø18) А400 ($R_s = R_{sc} = 350$ МПа): продольные силы и изгибающие моменты от вертикальных нагрузок в опорном сечении: от всех нагрузок $N_v = 1700$ кН, $M_v = 30$ кН, от постоянных и длительных нагрузок $N_l = 1500$ кН, $M_l = 0,0$ кН, длина 6 м.

Результаты расчетов даны на рис. 2.

Разработанная методика позволяет рассчитывать несущую способность и устойчивость сжато-изгибаемых элементов в физически и геометрически нелинейной постановке. Следует отметить учет стадийности работы и начальных несовершенств в виде остаточных прогибов.

Список литературы

1. Методическое пособие. Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры. Пособие к СП 63.13330 М.: Минстрой России, 2015.

2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Минстрой России, 2017.

3. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Изд. «Наука», 1966. 664 с.

4. Шевченко А.В., Давидюк А.А., Баглаев Н.Н. Метод итераций для расчета железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели // *Промышленное и гражданское строительство*. 2022. № 3. С. 13–18. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.03.13-18

CALCULATION OF COMPRESSED-BENDABLE ELEMENTS WITH PHYSICAL AND GEOMETRIC NONLINEARITY

Shevchenko Andrey V. (a.shevchenko@ktbbeton.com)

Chief Engineer

КТВ БЕТОН ГРУП

Moscow, Russian Federation

Baglaev Nikolay N. (n.baglaev@ktbbeton.com)

Cand. Sci. (Engineering), General Director

КТВ БЕТОН ГРУП

Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforced concrete, physical nonlinearity, geometric nonlinearity, numerical methods

ФАСАДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-54-55>

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Чесноков Станислав Александрович (s.chesnokov@glassinfo.ru)

Заведующий отделом стандартизации и испытаний

АО «Институт стекла»

Москва, Российская Федерация

При остеклении зданий главным остается критерий безопасности. Как требует Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», остекление должно быть безопасно для людей и материальных ценностей как внутри, так и снаружи здания. Таким образом, в таком остеклении неизбежно должно широко применяться закаленное и многослойное стекло. Для обеспечения необходимых тепловых свойств, звукоизоляции, комфорта в помещении и других требований подбирается оптимальная конструкция остекления, стекла в котором будут объединены в стеклопакеты. Российские производства листового стекла соответствуют самому современному уровню и по качеству, и по спектру производимой продукции. Наиболее важными для дальнейшего производства и применения крупноформатных изделий из стекла являются:

- нанесение многослойных покрытий, каждый слой которых имеет нанометровую толщину. Такие покрытия радикально меняют потребительские свойства стекла и придают ему, в зависимости от комбинации покрытий, солнцезащитные, теплосберегающие или декоративные свойства. Сами технологии нанесения «магнетронных» покрытий в вакууме родились в послевоенные годы в ходе развития советского атомного проекта, и до сих пор отечественные инновации в этой области активно развиваются.

- упрочнение стекла методами закаливания и химическим упрочнением. Не секрет, что стекло – хрупкий материал, который при разрушении дает опасные острые осколки. Для стекла большого размера количество и опасность осколков при разрушении возрастают. Однако хорошо известные методы упрочнения стекла позволяют получить изделия не только гораздо более прочные, но и не дающие опасных крупных осколков. Для стекла большой толщины тепловая закалка применяется очень широко, но технологии продолжают развиваться, ведь и видов стекла становится больше. Химическое упрочнение применяется для изделий сложной формы и, особенно, для стекла небольшой толщины – до 3 мм. Такое стекло имеет большое значение для солнечной энергетики и получения особых стеклоизделий.

- производство многослойного стекла. Листы стекла объединяются в одно изделие при помощи полимерных материалов, которые придают стеклу новые свойства: безопасность, ударостойкость и взломостойкость, шумозащиту и т. д. Для крупноформатного остекления многослойное стекло стало настоящим прорывом, который снял многие существовавшие ограничения на толщину и несущую способность стекла.

- моллирование. Плоская форма листового стекла и стеклопакетов накладывает определенные ограничения на архитектуру

ру и пластику зданий. Однако листы стекла могут быть изогнуты при помощи моллирования в одном или двух измерениях, если это необходимо.

Отдельного внимания заслуживают расширившиеся возможности по «холодному гнутью», то есть приданию плоскому

изделию неплоской формы прямо на объекте за счет изгиба опорной конструкции. Все эти технологии, как заявляется производителями и переработчиками, могут применяться для стекла любого доступного размера.

РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (В ПАРТНЕРСТВЕ С МАФ)

УДК 624.139

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-56-57>

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В АРКТИКЕ

Алексеев Андрей Григорьевич (adr-alekseev@yandex.ru)

Кандидат технических наук, руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований, доцент кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы» НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: криолитозона, Арктика, строительство, многолетнемерзлые грунты

Активное освоение криолитозоны имеет стратегическое значение для России. Богатая полезными ископаемыми территория характеризуется сложными климатическими и геологическими условиями, что значительно усложняет строительство и эксплуатацию как промышленных, так и гражданских зданий и сооружений.

Возникающие аварийные ситуации зданий и сооружений носят системный характер и объясняются следующими основными причинами: некачественное выполнение инженерно-геологических изысканий и проектирования сооружений, нарушение технологических процессов при строительстве, неграмотная эксплуатация зданий (утечки из коммуникаций, отсутствие системы геотехнического мониторинга (ГМ), изменение климата (повышение среднегодовых температур воздуха и грунта).

Решение указанных проблем для обеспечения безопасного строительства и эксплуатации зданий и сооружений должно осуществляться комплексно на всех этапах строительства. Повышения качества проектно-изыскательских и строительных работ в Арктической зоне можно добиться осуществлением внешнего аудита ква-

лифицированными организациями, в дополнение к обязательному для ответственных зданий научно-техническому сопровождению.

Одним из главных направлений обеспечения безопасного строительства является развитие отечественной нормативной базы. В последнее время актуализированы и разработаны следующие нормативные документы: СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» – правила проектирования, СП 497.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации», СП 498.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Требования к инженерной подготовке территории», СП 496.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила производства работ».

Еще одним важным направлением снижения негативного влияния на безопасную эксплуатацию арктических сооружений является учет изменения климата. При проектировании оснований фундаментов следует учитывать повышение темпера-

турного режима грунтов с учетом изменений климата по актуальным глобальным климатическим моделям.

Развитие науки и техники позволяет совершенствовать и разрабатывать новые конструкции фундаментов, применение которых позволит повысить эффективность и обеспечить устойчивость сооружений в криолитозоне. К таким фундаментам можно отнести: винтовые и буронабивные сваи, сваи из композитных материалов, применение технологии струйной цементации грунта jet-grouting, использование мобильных сооружений на подсыпках и теплоизолированных фундаментах.

Важнейшим мероприятием обеспечения безаварийной эксплуатации сооружений в Арктике является устройство системы геотехнического мониторинга. Целью ГМ является оценка динамики криогенных, геологических, гидрогеологических

условий криолитозоны под влиянием климатических и антропогенных воздействий.

Применение инновационных технологий устройства свайных фундаментов в Арктической зоне, таких как буроопускные сваи из полимерных композиционных материалов, буронабивные и винтовые сваи, разработка сводов правил производства работ, инженерной подготовки и эксплуатации, учет изменения климата, разработка системы геотехнического мониторинга позволят существенным образом сократить сроки строительства, а также стоимость работ по устройству фундаментов. Повысится несущая способность оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых в Арктической зоне, а также их долговечность.

УДК 551.345:624.139

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-58-59>

ОЦЕНОЧНОЕ КАРТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ВЫБОРА ПЛОЩАДОК (ТРАСС) СТРОИТЕЛЬСТВА

Попова Александра Александровна (popovaaa@sev-iz.ru)

Кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора
ООО «Северные Изыскания»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Приведены методические приемы оценочного картирования устойчивости геологической среды к различным видам техногенного воздействия по потенциальному развитию опасных экзогенных геологических процессов и по условиям строительного освоения в зоне распространения многолетнемерзлых пород.

Ключевые слова: картирование, ГИС-технология, оценка инженерно-геокриологических условий, экзогенные геологические процессы, техногенное воздействие, территориальное планирование

Методика была разработана для оценки устойчивости геологической среды к техногенным нагрузкам и потенциальному проявлению опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) в зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП).

ЭГП существенно влияют на равновесие природных экосистем и устойчивость оснований сооружений. При любом виде хозяйственного освоения отмечается либо существенная активизация процессов, либо их затухание. Оценка потенциального развития процессов в инженерно-геокриологическом районе определяется рядом природных факторов. Потенциальное развитие ЭГП может быть смоделировано как для естественных условий, так и для различного рода их нарушений путем изменения входящих в расчет параметров, реагирующих на мощность снежного покрова, температуру воздуха, уровень грунтовых вод и т. д., которые оцениваются по степени опасности для развития процесса в балльной системе, при этом приоритетным считается наиболее опасный фактор и выбирается его оценочный балл. Оценку территории можно дать не только по каждому процессу в отдельности, но и по

совокупности всех рассматриваемых процессов. Для этого используется равенство Парсевалея для системы разнонаправленных векторов, применяемое при суммировании независимых измерений в бесконечной системе координат.

Оценка территории по условиям строительного освоения подразумевает районирование территории по основным факторам:

- распространение ММП;
- средняя годовая температура ММП;
- для талых грунтов: консистенция для глинистых грунтов и водонасыщенность для песчаных грунтов;
- льдистость мерзлых грунтов;
- засоленность грунтов;
- пучинистость грунтов;
- уклон поверхности;
- уровень грунтовых вод;
- активизация экзогенных геологических процессов в нарушенных условиях;
- затопляемость территории паводковыми водами.

Состав грунтов анализируется опосредованно по их свойствам (консистенция/водонасыщенность, льдистость, засоленность, пучинистость). В зависимости от

масштаба картирования, разнообразия инженерно-геокриологических условий, класса ответственности сооружения и технологии его эксплуатации количество групп факторов и их градации могут изменяться, в том числе добавляться физико-механические свойства грунтов. После пофакторной оценки для определенного вида техногенной нагрузки в каждом районе рассчитываются общие баллы по совокупности всех качественных и количественных факторов, на основе которых строится карта оценки территории по условиям строительного освоения. Для расчета используется упомянутое выше равенство Парсевалея.

Заключение

Геоинформационное картографирование устойчивости геологической среды к различным видам техногенного воздействия по потенциальному развитию опасных экзогенных геологических процессов и по условиям строительного освоения в зоне распространения многолетнемерзлых пород дает возможность оптимального и безопасного размещения вновь возводимых объектов строительства и организации превентивных мер инженерной защиты.

Список литературы

1. Гарагуля Л.С. Методика прогнозной оценки антропогенных изменений мерзлотных условий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.
2. Иоспа А.В., Попова А.А. Методика оценки по несущей способности грунтов и условиям строительного освоения территорий в зоне распространения ММП // Материалы IV конф. геокриологов России, Том III, МГУ, 2011.
3. Основы геокриологии. Часть 4. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001.
4. Попова А.А. Геоинформационное картографическое моделирование инженерно-геокриологических условий севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции по верхнему горизонту криолитозоны. Автореф. дисс. на соис. уч. ст. к.г.-м.н., Тюмень, 2012.
5. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: КДУ, 2009.
6. Ривкин Ф.М., Кузнецова И.Л., Иванова Н.В., Попова А.А., Пармузин И.С. Многоцелевое картирование как информационное сопровождение инженерных изысканий, проектирования и мониторинга // Материалы IV конф. геокриологов России, Том III, МГУ, 2011.

EVALUATION MAPPING IS THE BASIS FOR TERRITORIAL PLANNING AND SELECTION OF CONSTRUCTION SITES (ROUTES)

Popova Alexandra A. (popovaaa@sev-iz.ru)

Cand. Sci. (Geological and Mineralogical), Deputy General Director

LLC Northern Survey

Moscow, Russian Federation

Keywords: mapping, GIS-technology, assessment of engineering and geocryological conditions, exogenous geological processes, technogenic impact, territorial planning

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Сазонов Павел Михайлович (sazonov-pm@yandex.ru)

Заведующий сектором проектирования и геокриологических исследований
НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Алексеев Андрей Григорьевич (adr-alekseev@yandex.ru)

Кандидат технических наук, руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований
НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проектирование фундаментов на многолетнемерзлых грунтах в различных регионах страны имеет свои особенности в связи с отличающимися инженерно-геокриологическими условиями. Кроме того, выбор проектного решения по фундаментам должен учитывать конструктивные особенности здания, его тепловые характеристики, размеры, технологические процессы. В статье представлен опыт авторов, полученный при проектировании и научно-техническом сопровождении проектирования и строительства оснований и фундаментов нескольких зданий в различных инженерно-геологических условиях Салехарда, Норильска, Якутска, поселка Сабетта.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, проектирование, основания, фундаменты

Особое внимание при разработке проектов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах (ММГ) уделяется проектированию фундаментов: моделированию их теплового взаимодействия с мерзлыми грунтами, прогнозированию изменений прочностных и деформационных свойств грунтов во времени при изменяющемся температурном режиме, выбору наиболее оптимальной конструкции фундамента, сохраняющей устойчивость при промораживании или оттаивании грунтов в период строительства и эксплуатации сооружения.

Геокриологические условия в различных районах криолитозоны России имеют существенные различия и требуют разных подходов к проектированию оснований и фундаментов сооружений. Наиболее значительными факторами, влияющими на выбор проектного решения по фундамен-

там, являются характер распространения и температура ММГ, размеры сооружений в плане, архитектурные и конструктивно-технологические особенности сооружений (рис. 1).

Спецификой геокриологических условий таких городов, как Салехард, Лабытнанги, Новый Уренгой, является наличие ММГ на глубине 15–20 м. При проектировании фундаментов делается выбор: либо использовать термостабизацию для замораживания грунтов от поверхности до кровли мерзлых грунтов, либо выполнять предпостроечное оттаивание мерзлых грунтов до глубины 25–30 м, соответствующей глубине чаши оттаивания, образующейся в процессе эксплуатации сооружения. В противном случае при оттаивании грунтов в процессе эксплуатации будет происходить их осадка и, как следствие, деформация сооружения.

Особенного подхода к проектированию фундаментов требуют объекты реконструкции, а именно объекты, на которых уже длительное время имеются здания и сооружения, в основании которых по разным причинам образовались чаши оттаивания. В таких случаях уже на стадии инженерно-геологических изысканий необходимо определять свойства грунтов в зонах мерзлых грунтов и в зонах техногенно растепленных грунтов. При этом растепленные грунты, отобранные в талом состоянии, перед лабораторными испытаниями следует замораживать при проектных температурах, чтобы исследовать их свойства в мерзлом состоянии при выборе принципа I строительства.

В настоящее время в районах распространения ММГ строятся здания и соору-

жения значительных размеров в плане, шириной до 100 м. При такой ширине имеется риск образования застойных зон теплового воздуха под центром сооружения с дальнейшим оттаиванием мерзлых грунтов под сооружением. При значительных размерах сооружений следует рассчитывать температуру и скорость воздуха в подполье, в необходимых случаях проектировать систему искусственного вентилирования с помощью воздухопроводов и вентиляторов.

Существуют случаи, когда по технологическим причинам отсутствует возможность устройства сооружения с вентилируемым подпольем. В таких случаях сооружение строится с полами по грунту, и тепловыделение от него передается напрямую в грунт. Для сохранения грунтов в мерзлом

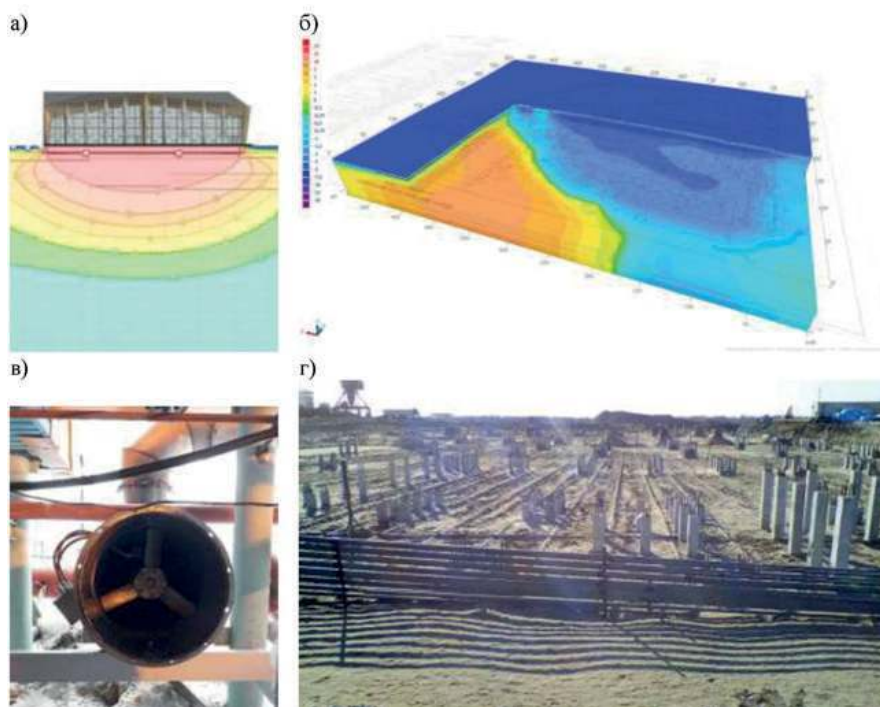


Рис. 1. Особенности проектных решений на примере различных объектов: *а* – универсальный спортивный тренировочный манеж с беговой дорожкой и крытой площадкой для воркаута по пр. Молодежи в г. Салехарде; *б* – реконструкция Кайерканской, Норильской и Дудинской нефтебаз в Норильском промышленном регионе; *в* – электростанция Ямал СПГ в п. Сабетга на п-ове Ямал ЯНАО; *г* – строительство высокотехнологичной Жатайской судостроительной верфи на базе модернизации и реконструкции Жатайского судостроительно-судоремонтного завода, Республика Саха (Якутия), городской округ «Жатай»

состоянии устраивается система горизонтальных термостабилизаторов, работа которых заключается в промораживании за зимний период грунтов, оттаявших за летний период. При необходимости термостабилизаторы проектируют с возможностью подключения к холодильным машинам для круглогодичного действия.

Актуальным вопросом сегодня является устройство автоматизированной системы геотехнического мониторинга, позволяющей не только собирать информацию по показаниям различных элементов мониторинга (температура грунтов, деформация грунтов и фундамента, уровень подземных вод и др.), но и анализировать полученные данные на предмет соответствия проектным решениям. В перспективе данная система должна иметь возможность управления термостабилизирующими мероприятиями, заложенными в проекте, т. е. при необходимости включать/выключать термостабилизаторы и вентиляторы, открывать и закрывать, менять угол наклона жалюзийных решеток ограждения вентилируемых подполий и т. д.

В современное время процесс проектирования оснований и фундаментов на ММГ включает в себя решение непростых задач, связанных с учетом глубоко расположенных от поверхности мерзлых грунтов, зон техногенно растепленных грунтов, чередования мерзлых и талых грунтов, значительных размеров зданий и сооружений, их особенностей технологического назначения, необходимостью усиления грунтов и др. Некоторые вопросы удается решить в рамках стандартного проектирования, некоторые требуют привлечения научно-технического сопровождения проектирования. В рамках научно-технического сопровождения проводятся исследования дополнительных свойств грунтов в мерзлом, талом, оттаивающем и промерзающем состояниях, разрабатываются новые типы фундаментов и методики их расчета, проводятся лабораторные и полевые эксперименты взаимодействия фундаментов с грунтами.

ACTUAL QUESTIONS OF FOUNDATIONS DESIGN ON PERMAFROST SOILS

Sazonov Pavel M. (sazonov-pm@yandex.ru)

Head of the Design and Geocryological Research Sector
NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Alekseev Andrey G. (adr-alekseev@yandex.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Head of the Center for Geocryological and Geotechnical Research
NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Abstract

The design of foundations on permafrost soils in various regions of the country has its own peculiarities due to different engineering and geocryological conditions. In addition, the choice of a design solution for foundations should take into account the structural features of the building, its thermal characteristics, dimensions, technological processes. The article presents the authors' experience gained in the design and scientific and technical support of the design and construction of bases and foundations of several buildings in various engineering and geological conditions of Salekhard, Norilsk, Yakutsk, Sabetta.

Keywords: permafrost, design, bases, foundations

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ «СТРОИМ БУДУЩЕЕ»

УДК 621.311.21:004.9

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-63-66>

АРХИТЕКТУРА МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ: ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Волкова Екатерина Олеговна (ekaterinaone@yandex.ru)

Главный эксперт отдела архитектуры и строительных конструкций АО «Мособлгидропроект», Дедовск, Российская Федерация; аспирант кафедры «Архитектура», Государственный университет по землеустройству, Москва, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассмотрены принципы и пути формирования архитектуры малых ГЭС (МГЭС), строительные материалы и системы автоматизированного проектирования (САПР). Обсуждаются преимущества технологии информационного моделирования (ТИМ), описан процесс построения информационной модели, особенности подготовки проектной документации и вопросы, которые необходимо решить в разделе «Архитектурные решения» на примере здания Сенгилеевской гидроэлектростанции (ГЭС) и Кубанской гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС). Представленный алгоритм может служить основой для молодых специалистов-архитекторов при разработке проектов промышленных зданий и сооружений.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, гидроэнергетика, малые гидроэлектростанции, архитектура гидроэлектростанций, уникальные здания и сооружения, BIM технологии, технологии информационного моделирования, информационная модель

Основная часть

Базовой отраслью российской экономики является электроэнергетика. Рассмотрение инвестиционных процессов в сфере энергетики, в первую очередь, учитывает ее значение для развития мировой экономики в целом. Развитие транспортных коммуникаций, промышленных центров, жилищного фонда дает мощный импульс увеличению спроса на электроэнергию. В ближайшие десятилетия приоритетом станет создание экономических производств электрической энергии на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и активное развитие различных направлений такой энергети-

ки – малой гидроэнергетики, ветровой и солнечной [7].

Гидроэнергетика является лидирующим видом энергетики на основе использования ВИЭ в РФ, которая вносит существенный вклад в деятельность всей электроэнергетической отрасли. Доля гидроэлектростанций, включая ГАЭС, в структуре генерирующих мощностей составляет около 20 процентов. Перспективность МГЭС в России очевидна. Основной задачей в области охраны окружающей среды является эксплуатация действующих, проектирование и строительство новых ГЭС [7].

Гидротехнические сооружения перво-

го и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений, являются особо опасными и технически сложными объектами и одновременно уникальными объектами капитального строительства на основании ст. 48.1, п. 2 Градостроительного кодекса РФ [1]. Здания ГЭС и ГАЭС относятся к основным гидротехническим сооружениям и являются составной частью гидроузла [2, 3].

Современные ГЭС представляют собой сложный архитектурный ансамбль. В состав МГЭС входит не только здание ГЭС. Гидроузел – это группа гидротехнических, электротехнических, вспомогательных зданий, сооружений, объединенных общностью целей и расположенных в границах определенной территории. В состав гидротехнических сооружений могут входить плотина, рыбопропускные и берегоукрепительные сооружения, водосбросные плотины, водозаборные сооружения, судоводные шлюзы, сооружения для борьбы с наносами, шугой, обрастанием и обмерзанием водоприемных устройств и др. В состав вспомогательных зданий и сооружений – административно-бытовые здания, пост охраны, КПП, гараж, мастерская и др. [4, 7].

Долгое время территория ГЭС была режимным объектом, закрытым для посетителей, что привело к применению в современных проектах зданий и сооружений ГЭС металлокаркаса и сэндвич-панелей, способствующих снижению трудоемкости при возведении, экономичности, мобильности, но одновременно и снижению качества архитектуры. Развитие туризма на площадке ГЭС способствует усилению статуса объектов энергетики, повышению их социальной значимости; вновь уделяется внимание вопросам архитектуры и художественному образу ГЭС [5].

Специалисты в инвестиционной и строительной сферах и области архитектурного проектирования уже давно ищут методы снижения стоимости проекта, повышения производительности труда, качества документации, а также сокращения времени

реализации проекта. Технологии информационного моделирования зданий (ТИМ/ BIM – Building Information Modeling) обладают потенциалом для достижения этих целей [6].

Исходя из опыта проектирования и реализации ГЭС, выявлены проблемы архитектуры гидроэнергетического комплекса Российской Федерации [6]:

- зависимость от импорта оборудования, программного обеспечения, материалов;
- зависимость от объема спроса на традиционные ресурсы;
- высокий уровень неопределенности и зависимость от внешних факторов: климатических, социальных, культурных, научных, технических;
- уязвимость объектов в связи с недостаточным уровнем автоматизации и слабым инвестированием;
- несовершенство системы автоматизированного проектирования, часто система проектирования основана на двухмерном проектировании, а не трехмерном моделировании;

Проектная документация по объекту ГАЭС Каскада Кубанских ГЭС раздел «Архитектурные решения» разрабатывалась на основании технического задания на проектирование, исходно-разрешительной документации, действующих государственных строительных норм, правил, стандартов и регламентов, применяемых в РФ, отчетной технической документации по результатам инженерных изысканий, с учетом специальных технических условий, исходных данных по смежным разделам [3].

Перед архитекторами, принимающими участие в проектировании уникальных гидротехнических объектов, стоят непростые задачи – сопровождение на всех этапах проектирования, увязка смежных разделов проекта, качественное оформление текстовой и графической части, ответственность за принятые решения. Для выполнения этих компетенций требуются навыки: пространственное мышление, базовое знание смежных специальностей,

владение графическими инструментами, подготовка презентационного материала, способность продвижения идей. Развитию самостоятельности и мышления способствует практическая деятельность в промышленном проектировании, анализ опыта реализованных проектов, участие в выставках, конференциях, форумах и пополнение знаний о современных строительных материалах и компьютерных программах.

Здание ГЭС можно разделить на две основные части: подводная гидротехническая часть и верхнее строение. Совокупность производственных процессов определяет архитектурно-планировочные решения (состав помещений, их компоновку, этажность). Большинство ГЭС сосредоточено на территории Северного Кавказа, это зона с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Расчетная сейсмичность площадки строительства может составлять 7–9 баллов.

Строительство в подобных условиях связано со специальными мероприятиями: необходимо выявить и изучить факторы, влияющие на формирование устойчивого развития территорий промышленных зданий, сооружений и их комплексов, в том числе ансамблей ГЭС. Учет факторов формирует принципы устойчивого развития территории гидроузла [4]. Отмечены основные принципы формирования архитектуры гидротехнических сооружений: экономические, экологические, водоэффективные, социальные.

Заключение

– Развитие малой энергетики, генерация «чистой энергии» становятся приоритетом в развитии энергетики страны. Создание объектов гибридной генерации сегодня активно реализуется на гидроузлах во многих странах.

– Основные направления деятельности в рамках устойчивого развития территорий ГЭС: внедрение наилучших доступных решений и технологий, обеспечивающих минимизацию негативного воздействия проектируемых и строящихся генерирующих объектов на окружающую среду; фор-

мирование системы наилучших доступных технологий в области охраны окружающей среды в гидрогенерации как составной части развиваемой базы данных технических решений; участие в совершенствовании нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

– Правительство РФ нацелено на цифровизацию строительной отрасли, построенную на собственных отечественных компонентах, что подтверждает повышение спроса на отечественные ИТ-решения, обеспечение ускоренной цифровой трансформации отраслей экономики и социальной сферы.

– Рекомендовано дальнейшее внедрение инструментов для эффективного проектирования уникальных гидротехнических и промышленно-гражданских объектов и перехода с 2D DWG-редакторов на 3D на всех объектах ПАО «РусГидро» и обмен опытом с коллегами в рамках форумов, конференций, круглых столов. Компьютерные технологии способствуют повышению реалистичности и точности архитектурного проектирования ансамбля ГЭС, способствуют выявлению архитектурно-конструктивного потенциала и формообразующих возможностей ансамбля гидротехнических зданий и сооружений.

Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022).
2. СТО 17330282.27.140.022-2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования. 2008.
3. СТО 17330282.27.140.011-2008. Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования. 2008.
4. Волкова Е.О. Перспективы развития малой гидроэнергетики в агропромышленном комплексе / Волкова Е.О., Ильвицкая С.В. // От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Рациональное природопользование

и охрана окружающей среды: сборник статей международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 24–25 марта 2022 г.) / Науч. ред. О.Г. Лоретц, М.Ю. Карпухин. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2022. С. 14–18. ISBN 978-5-87203-501-5. [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49870140> (дата обращения 22.12.2022) DOI:10.17922/2071-3665-2022-21-2-5-16 [УДК 338.23:502.5:621.311.21]

5. Волкова Е.О. Промышленный туризм на гидроэлектростанции как элемент социально-экономического развития территорий / Е.О. Волкова, С.В. Ильвицкая // *Социальная политика и социология*. 2022. Т. 21. № 2(143). С. 5–16. DOI 10.17922/2071-3665-2022-21-2-5-16. EDN GVBNPT. [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49839514> (дата обращения

22.12.2022) DOI: 10.17922/2071-3665-2022-21-2-5-16 [УДК 338:316:626/627]

6. Волкова Е.О. Тенденции развития архитектуры новых и реконструируемых гидроэлектростанций / Е.О. Волкова, С.В. Ильвицкая // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021. № 4(57). С. 212–225. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/12_volkova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-212-225

7. Волкова Е.О. Тенденции развития архитектуры новых и реконструируемых гидроэлектростанций / Волкова Е.О., Ильвицкая С.В. // *Город будущего – город для человека: Материалы межвузовской научной студенческой конференции*, 9 октября 2021 г. / Московский архитектурный институт (гос. академия); Под общей редакцией. Москва: МАРХИ, 2021. С. 9–14; ил. ISBN 978-5-907303-28-7

ARCHITECTURE OF SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS: DESIGN FEATURES AND EXPERIENCE OF INTRODUCING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY

Volkova Ekaterina O. (ekaterinaone@yandex.ru)

Chief Expert of the Department of Architecture and Building Structures, JSC Institute HYDROPROJECT, Dedovsk, Russian Federation; Graduate Student of the Department “Architecture”, State University of Land Use Planning, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article discusses the principles and ways of forming the architecture of small hydroelectric power plants (SHPPs), building materials and computer-aided design systems (CAD). The advantages of information modeling technology (IMT) are discussed, the process of building an information model is described, the features of preparing project documentation and issues that need to be addressed in the “Architectural Solutions” section on the example of the building of the Sengileevskaya hydroelectric power station (HPP) and the Kuban pumped storage power plant (PSPP). The presented algorithm can serve as a basis for young architects in the development of projects for industrial buildings and structures.

Keywords: renewable energy, hydropower, small hydroelectric power plants, architecture of hydroelectric power plants, unique buildings and structures, BIM-technologies, information modeling technology, information model

УДК 624.012

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-67-68>

РАСЧЕТ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пастухов Александр Игоревич (apastuhov1999@mail.ru)

Инженер лаборатории № 7

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: термонапряженное состояние, трещины, численное моделирование

Российские нормативные документы затрагивают тему термонапряженного состояния, но не приводят инженерную методику расчетов и универсальных методов противодействия термическому трещинообразованию. Нами был выбран путь подробного анализа каждой бетонируемой массивной конструкции: от состава смеси, геометрических размеров и армирования до погодных условий и режимов ухода в период набора прочности.

Для эффективного сглаживания температурных полей и снятия излишних напряжений с кристаллического скелета набирающего прочность бетона выполняются многовариантные расчеты для обоснования необходимых условий за уходом бетонируемых конструкций, обеспечивающих трещиностойкость. Для повышения точности в расчетах следует использовать фактические параметры экзотермии бетона, фактическую теплоемкость и теплопроводность железобетона.

Авторами предлагается выполнять расчеты с использованием конечно-элементных моделей с помощью современных программных комплексов. Для рас-

четов выбрана программа «Atena» как инструмент для расчета термонапряженного состояния бетонных и железобетонных конструкций, в связи с достаточным количеством функций для учета всех этапов термонапряженного состояния, таких как:

- состояние конструкции в критические этапы твердения (изменение технологии ухода);
- граничные условия, описывающие тепловой поток, выходящий через тело бетона в окружающую среду;
- теплофизические характеристики бетона;
- корректный учет температурной нагрузки при решении статической задачи расчета напряжений в прочностной задаче.

Результатом расчетов является информация о динамике изменения температурных полей конструкции, зонах вероятного трещинообразования и деформаций, позволяющая делать качественные выводы о достаточности назначенных методов противодействия температурным трещинам.

CALCULATION OF THE THERMO-STRESSED STATE OF MASSIVE STRUCTURES

Pastukhov Alexander I. (apastuhov1999@mail.ru)

Engineer, Laboratory No. 7

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: thermo-stressed state, cracks, numerical simulation

Russian regulatory documents touch upon the topic of thermally stressed state, but do not contain engineering calculation methods and universal methods for counteracting thermal cracking. We chose the path of a detailed analysis of each concreted massive structure: from the composition of the mixture, geometric dimensions and reinforcement to weather conditions and care regimes during the hardening period.

To effectively smooth out temperature fields and relieve excess stresses from the crystalline skeleton of concrete gaining strength, multivariate calculations are performed to justify the necessary conditions for the care of concrete structures that provide crack resistance. To increase the accuracy in the calculations, the actual parameters of the heat generation of concrete, the actual heat capacity and thermal conductivity of reinforced concrete should be used.

The authors propose to perform calculations on finite element models using modern software systems. For calculations,

the Atena program was chosen as a means of calculating the thermally stressed state of concrete and reinforced concrete structures, due to the presence of a sufficient number of functions to take into account all stages of the thermally stressed state, such as:

- the state of the structure at critical stages of hardening (change of care technology);
- boundary conditions describing the heat flow that exits through the body of concrete into the environment;
- thermophysical characteristics of concrete;
- correct consideration of the temperature load when solving the static problem of stress calculation in the strength problem.

The result of the calculations is information on the dynamics of changes in the temperature fields of the structure, zones of probable formation of cracks and deformations, which makes it possible to draw qualitative conclusions about the sufficiency of the assigned methods for counteracting thermal cracks.

УДК 691.32

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-69-70>

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ФОТОКАТАЛИЗАТОРА TiO_2 НА ПОВЕРХНОСТИ БЕТОНА

Сокольникова Софья Руслановна (sokolsofy@mail.ru)

Магистрант направления «Современные строительные материалы и технологии»
Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Калининград, Российская Федерация

Дмитриева Мария Александровна

Доктор физико-математических наук, профессор ОНК «Институт высоких технологий»
Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Калининград, Российская Федерация

Ключевые слова: фотокаталитический бетон, диоксид титана

Диоксид титана (TiO_2) является наиболее распространенным фотокатализатором (ФК), используемым на практике, благодаря таким качествам, как высокая фотокаталитическая активность при УФ излучении, фотостабильность и низкая стоимость.

На сегодняшний день использование строительных материалов с добавлением ФК, в частности, бетонов, является одной из наиболее доступных технологий очистки воздуха и воды в городской среде. Подобные материалы способны окислять под действием света опасные для человека загрязнители до более безопасных веществ.

На практике бетоны с фотокаталитическими свойствами изготавливаются методом добавления ФК в бетонную смесь или методом нанесения цементного раствора толщиной до 2 см с добавкой TiO_2 на поверхность бетонной конструкции. При этом необходимо учитывать влияние добавки на физико-механические свойства бетона и цементного раствора. Известно, что подвижность смесей, содержащих TiO_2 , снижается с увеличением содержания ФК, при этом при добавлении в смесь более 3 % TiO_2 может произойти значительное снижение прочности бетона [1].

С другой стороны, для эффективного разложения загрязняющих веществ с помощью фотокаталитического бетона (ФБ)

добавление в состав смеси менее 3 % TiO_2 может быть недостаточно, так как количество частиц TiO_2 , имеющих доступ к свету, т. е. находящихся на поверхности бетона, будет очень мало.

В настоящей работе предложен эффективный и экономичный метод нанесения TiO_2 на поверхность бетона. Микрочастицы TiO_2 наносятся на предварительно обработанную машинным маслом поверхность формы для изготовления бетона, затем форма заполняется смесью и подвергается виброуплотнению.

Полученные образцы ФБ не подвержены снижению прочности при изгибе и сжатии, а благодаря нанесению ФК на форму подвижность смеси не снижается.

Также зафиксировано увеличение фотокаталитической активности при разложении на поверхности образцов ФБ представителей полициклических ароматических углеводородов – пирена и антрацена.

Список литературы/References

1. Staub de Melo J.V., Trichês G. (2017) Study of the influence of nano- TiO_2 on the properties of Portland cement concrete for application on road surfaces. Road Materials and Pavement Design. 19(5), pp. 1011–1026.

APPLICATION OF TiO₂ PHOTOCATALYST MICROPARTICLES ON CONCRETE SURFACE

Sokolnikova Sofia R. (sokolsofy@mail.ru)

Master's student of program "Modern Building Materials and Technologies"
Immanuel Kant Baltic Federal University
Kaliningrad, Russian Federation

Dmitrieva Maria A.

Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor, JSC Institute of High Technologies
Immanuel Kant Baltic Federal University
Kaliningrad, Russian Federation

Keywords: photocatalytic concrete, titanium dioxide

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-71-73>

АРМАТУРНЫЙ ПРОКАТ КЛАССОВ А_у500СП И А_в500П ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Тихонов Георгий Игоревич (dwarwe1993@mail.ru)

Инженер-конструктор центра № 21

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Окольников Галина Эриковна (okolnikova-ge@rudn.ru)

Кандидат технических наук, доцент департамента строительства (РУДН); доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» (НИУ МГСУ)

Российский университета дружбы народов; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: арматура, железобетон, сейсмостойкое строительство, металлургия, периодический профиль, безопасность строительства

Арматура для железобетона занимает лидирующие позиции в прокатном производстве металлургической отрасли.

Массовость производства арматуры зависит от ее технических характеристик как у производителя, так и потребителя.

Инновационный вид арматурного проката с многорядным расположением поперечных ребер классов А_у500СП и А_в500П обладает значительными техническими преимуществами над зарубежными и отечественными известными видами арматуры.

Установлено, что его производство позволяет повысить производительность прокатных станов из-за повышения износоустойчивости прокатных валков, обеспечить возможность более эффективного термоупрочнения арматуры, в результате увеличения площади контакта с охлаждающей паровоздушной средой, из-за высокого критерия Рема $f_R \geq 0,075$, вместо $f_R \geq 0,056$ для массово производимой арматуры, снизить погонную массу стержней на 1–6 % в результате отсутствия продольных ребер, уменьшить выброс вредных отходов производства в окружающую среду и т. п.

Новый арматурный прокат обладает

рядом существенных преимуществ при его использовании в строительстве:

1. Снижение расхода арматуры на 1–6 % без каких-либо затрат на перепроектирование железобетонных конструкций в результате производства только с минусовым допуском по ОМ2 ГОСТ 34028-2016.

2. Снижение расхода арматуры до 10–25 % при использовании для проектирования ЖБК положений стандартов СТО 36554501-065-2020* «Применение арматуры классов А500СП, А_у500СП и А600СП в железобетонных конструкциях» и СТО 36554501-068-2022 «Применение арматуры классов А_в500П, А_у500П и А_в600П, А_у600П в железобетонных конструкциях», рекомендуемых НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» для данной арматуры из-за ее улучшенного сцепления с бетоном.

3. Повышение безопасности сейсмостойкого строительства, а также зданий и сооружений в экстремальных условиях в результате способности арматуры с многорядным профилем, в отличие от арматуры с профилем известных видов, сохранять прочность с бетоном в запредельной (пластической) стадии деформирования

металла стержней. Это очень важно для обеспечения возможности перераспределения усилий в ЖБК, а следовательно, в продлении их «живучести» в процессе разрушения, необходимой для сохранения жизни людей.

4. Производство нового четырехрядного вида арматуры с двухзаходным винтовым прокатным профилем раскрывает широкие возможности для продвижения на мировом и внутреннем рынках этого вида отечественной продукции из-за отказа, в

случае его применения, от нахлесточных, сварных, обжимных, нарезных соединений стержней на строительной площадке.

Новая арматура классов Au500SP и Av500P, а также ЖБК с ее использованием, в том числе и с механическими соединениями, успешно прошли все виды испытаний при статическом и динамическом нагружении. Она исследована в сжатых, растянутых и изгибаемых железобетонных элементах.

REBAR ROLLING OF Au500SP AND Av500P CLASSES FOR CONSTRUCTION

Tikhonov Georgy I. (dwarwe1993@mail.ru)

Design Engineer of the Center No. 21

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Okolnikova Galina E. (okolnikova-ge@rudn.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Civil Engineering (RUDN University); Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures (National Research University MGSU)

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow State University of Civil Engineering (National Research University MGSU)

Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforcement, reinforced concrete, earthquake-resistant construction, metallurgy, periodic profile, construction safety

Reinforcement for reinforced concrete occupies a leading position in the rolling production of the metallurgical industry.

The mass production of fittings depends on its technical characteristics of both the manufacturer and the consumer.

An innovative type of rebar rolled products with a multi-row arrangement of transverse ribs of classes Au500SP and Av500P has significant technical advantages over foreign and domestic known types of rebar.

It has been established that its production allows to increase the productivity of rolling mills due to increased wear resistance of rolling rolls, to provide the possibility of more effective thermal reinforcement of fittings, as a result of increasing the contact

area with the cooling vapor-air medium, due to the high Rem criterion $f_R \geq 0,075$, instead of $f_R \geq 0,056$ for mass-produced fittings, to reduce the linear weight of the rods by 1–6 % as a result of the absence of longitudinal ribs, reduce the release of harmful industrial waste into the environment, etc.

The new rebar rolling has a number of significant advantages when used in construction.

1. Reduction of rebar consumption by 1–6 % without any costs for redesigning reinforced concrete structures as a result of production, only with a minus tolerance according to OM2 GOST 34028-2016.

2. Reduction of rebar consumption up to 10–25 % when using the provisions of

the standards STO 36554501-065-2020* “Application of rebar of classes A500SP, Au500SP and A600SP in reinforced concrete structures” and STO 36554501-068-2022 “Application of rebar of classes Av500P, Au500P and Av600P, Au600P in reinforced concrete structures” recommended by the NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction for this reinforcement due to its improved adhesion to concrete.

3. Improving the safety of earthquake-resistant construction, as well as buildings and structures in extreme conditions, as a result of the ability of reinforcement with a multi-row profile, unlike reinforcement with a profile of known types, to maintain strength with concrete in the extreme (plastic) stage of deformation of the metal rods. This is very important to ensure the possibility of redistributing efforts in housing

and communal services, and, consequently, in prolonging their “survivability” in the process of destruction, necessary to preserve people’s lives.

4. The production of a new four-row type of reinforcement with a two-way screw rolling profile opens up wide opportunities for promotion in the world and domestic markets of this type of domestic products due to the refusal, in case of its use, of overlapping, welded, crimped, threaded connections of rods on the construction site.

The new fittings of classes Au500SP and Av500P, as well as reinforced concrete with its use, including with mechanical connections, have successfully passed all types of tests under static and dynamic loading. It has been studied in compressed, stretched and bent reinforced concrete elements.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО СОРТАМЕНТА КОНСТРУКЦИЙ СТАЛЬНЫХ ШПУНТОВЫХ U-ОБРАЗНЫХ СВАЙ

Харьков Дмитрий Петрович (id.harkov@gmail.com)

Младший научный сотрудник лаборатории большепролетных металлических конструкций и сертификации

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Номенклатура шпунтовых свай, производимых на территории РФ, ограничена маркой Л5-УМ, что приводит к нерациональному проектированию конструкций в промышленно-гражданском и транспортном строительстве. Конкурентами отечественному производству выступают зарубежные компании, например, «ArcelorMittal» и др., имеющие широкую линейку типоразмеров шпунтов. Целью настоящей работы было создание развитого отечественного сортамента шпунтовых свай для производства АО «ЕВРАЗ НТМК» с учетом имеющихся патентных ограничений. В итоге разработаны конструкции шпунтов, не уступающие по своим характеристикам западным аналогам, а в ряде случаев превышающие их по эффективности и рациональности использования материала в сечении.

Цель работы заключалась в разработке нового отечественного сортамента конструкций шпунтовых свай U-образного профиля для производства АО «ЕВРАЗ НТМК».

Работа состояла из следующих этапов:

1. Обзор и анализ существующих на рынке конструкций шпунтовых свай U-образного профиля, а также технологии производства по материалам патентной библиотеки ФИПС, технической литературы, отечественных и зарубежных каталогов, сети Интернет и т. п.

2. Разработка сортамента конструкций шпунтовых свай U-образного профиля с рекомендациями и предложениями для их производства на рельсобалочном стане

АО «ЕВРАЗ НТМК» и оформлением результатов исследований.

3. Разработка технических условий на шпунтовые U-образные сваи, необходимых для внедрения и производства.

Области применения шпунтов

Сферы применения стальных шпунтовых систем на территории РФ довольно обширны и подразделяются на два типа в зависимости от длительности эксплуатации, а именно: временная или постоянная. При постоянной эксплуатации в течение всего срока службы сооружения шпунтовые сваи могут работать как самостоятельное сооружение (например, ограждение насыпей, подпорные стены, рампы, тоннели т. д.), а также как часть сооружения, воспринимающая часть нагрузок от здания и передающая их на основание.

Традиционно шпунтовые сваи используются для возведения гидротехнических сооружений при строительстве причалов, портов, берегоукреплений вертикального типа и т. д.

В последние десять лет стальные шпунтовые сваи стали широко применяться в дорожном строительстве (автомобильном и железнодорожном) в качестве ограждений тоннелей, эстакад, подземных переходов, насыпей, устоев мостов и т. д.

Также накопился опыт применения шпунтовых свай в гражданском и промышленном строительстве в качестве подпорных стен, ограждений котлованов, траншей, шахт и в качестве противотриггерационных завес при строительстве

заглубленных паркингов, технических, торговых, развлекательных и спортивных помещений.

Важной особенностью шпунтовых свай является возможность их повторного использования. Например, многократное применение одних и тех же шпунтовых конструкций возможно при укреплении откосов прорываемых линейных траншей в ходе прокладки городских коммуникаций в стесненных условиях.

Единственной маркой шпунта, производимой на территории РФ, является Л5-УМ, выпускаемая АО «ЕВРАЗ НТМК». Указанный шпунт является толстостенным, массивным, что при небольших нагрузках делает его использование крайне нерациональным.

Недостатком данного шпунта является его сравнительно высокая погонная масса, что влечет за собой дорогую логистику и использование более мощной строительной техники для погружения и извлечения. Часто использование шпунта Л5-УМ в проектах экономически нерационально, так как несущая способность не используется полностью, особенно в случаях, когда шпунт не подлежит обратному извлечению. Следовательно, появляется необходимость применения изделий иностранных производителей с меньшей металлоемкостью.

Анализ рынка конкурентов

Обзор профилей шпунтовых свай, имеющих на рынке, включал в себя анализ европейского, российского, американского, австралийского и азиатского производств. В работе не рассмотрены каталоги китайских компаний, так как по большей части они являются точными копиями сортаментов лидирующих производителей.

На основании проведенного исследования имеющихся на мировом рынке U-образных горячекатаных шпунтовых свай были сделаны следующие выводы:

1. Одним из основных конкурентов компании АО «ЕВРАЗ НТМК» на отечественном рынке является компания «ArcelorMittal», имеющая широкую линей-

ку шпунтовых свай с высокими показателями эффективности профилей.

2. При изучении характеристик шпунтов было установлено, что с увеличением ширины профилей их металлоемкость уменьшается. Также уменьшается количество замковых соединений на 1 м длины стены, что увеличивает надежность инфильтрационных завес и гидротехнических сооружений в целом. Кроме этого, увеличивается скорость возведения конструкций.

3. Существующие на рынке шпунты различных производителей в первую очередь имеют различную базовую ширину. Наиболее распространенными являются профили шириной 400, 500, 600, 700 и 750 мм.

4. Наиболее оптимальными из представленных профилей, с точки зрения металлоемкости, являются профили «ArcelorMittal» AU шириной 750 мм.

5. В зависимости от несущей способности высоты имеющихся на рынке профилей находятся в диапазоне 260–480 мм.

6. Профили из каталогов «ThyssenKrupp» и «Vitcovice» большей частью дублируют друг друга.

7. Профиль Л5УМ производства АО «ЕВРАЗ НТМК» имеет в 1,5–2,0 раза худшие показатели в сравнении с аналогами «ArcelorMittal».

8. Наиболее востребованными изделиями иностранных производителей на отечественном рынке являются профили GU-18, GU-22, GU-27 производства компании «ArcelorMittal», что учтено при разработке нового сортамента шпунтовых профилей АО «ЕВРАЗ НТМК».

9. В результате анализа сталей, применяемых для изготовления шпунтов, установлено, что западные производители, в частности, компания «ArcelorMittal», не ограничиваются применением сталей обычной прочности, а также используют для изготовления шпунта высокопрочные стали до S430. Таким образом, для разработываемых шпунтовых свай целесообразно расширить диапазон классов прочности применяемых сталей и допустить возмож-

ность применения сталей С390, С440, обеспечив соответствие характеристик применяемых сталей требованиям СП 16.13330.

Разработка сортамента

Номенклатура шпунтовых свай для производства АО «ЕВРАЗ НТМК» разрабатывалась с учетом технологических ограничений прокатного стана и во избежание нарушений патентных прав на имеющиеся конструкции других производителей шпунтов. В связи с технологическими ограничениями прокатного стана при составлении линейки профилей была принята базовая ширина профиля 600 мм.

При создании отечественного сортамента были учтены следующие моменты:

1. Профили шириной 600 мм производства компании «ArcelorMittal» по показателям использования материала в сечении имеют в большинстве случаев лучшие показатели, чем у конкурентов. Поэтому при разработке предварительного сортамента сравнение ключевых геометрических характеристик и показателей металлоемкости производилось с характеристиками шпунтов компании «ArcelorMittal».

2. На основе анализа применения шпунтовых свай в строительстве были выявлены наиболее востребованные и часто применяемые в практике сечения. Из каталога компании «ArcelorMittal» таковыми являются GU-18, GU-22, GU-27. В связи с этим за базовые были приняты характеристики вышеуказанных сечений.

3. Основными геометрическими параметрами для подбора оптимальных параметров сечения являлись: высота профиля, толщины полки и стенок, угол наклона стенки профиля, радиусы в углах сечения, а также конструкция замковых соединений.

За базовые критерии эффективности сечения были приняты два параметра, которые сопоставлялись с аналогичными параметрами сечений «ArcelorMittal». Первый критерий – W/G – удельный показатель использования материала в профиле – представляет собой отношение момента сопротивления п.м. сваи W к

массе 1 м. кв. стены G . Вторым критерием – $W/АН$ – концентрация материала в профиле – представляет собой отношение момента сопротивления погонного метра сваи W к произведению площади поперечного сечения одного м.п. стены A и высоты двух свай в сцепке H . Данные критерии рассматривались в зависимости от геометрических характеристик сечений, включающих высоту профиля, толщины полки и стенок, угол наклона стенки профиля, радиусы в углах сечения. Сравнение критериев разрабатываемых сечений с аналогичными критериями сечений «ArcelorMittal» происходило для наглядности в графическом и табличном видах.

Также производилось сравнение характеристик аналогичных профилей (разрабатываемого и зарубежного аналога) в табличной форме в процентах, отображающих зависимость разницы моментов сопротивления и моментов инерции сечений от разницы металлоемкостей анализируемых профилей. То есть рассматривалось, на сколько процентов конкретная геометрическая характеристика больше или меньше аналогичной у зарубежного профиля при определенной разности металлоемкостей сравниваемых профилей.

Отдельное внимание было уделено конструкциям замковых соединений, влияющих на металлоемкость сваи в целом. Была проведена унификация конструкции замков в зависимости от толщин стенок шпунтовой сваи, что позволяет упростить процесс производства. Также конструкция замкового соединения должна обладать необходимыми зазорами, обеспечивающими заданный угол поворота одной сваи относительно другой, податливость соединения в процессе установки свай в проектное положение, а также возможность герметизации стыков.

По результатам проведенной работы был составлен сортамент из 9 марок U-образных горячекатаных шпунтов: Л6-8НТ, Л6-13НТ; Л6-16НТ; Л6-19НТ; Л6-20НТ, Л6-23НТ, Л6-27НТ, Л6-29НТ; Л6-33НТ, учитывающий имеющиеся производственные и патентные ограничения.

Сравнение критериев эффективности разработанных профилей показало, что характеристики сечений нового сортамента не уступают зарубежным аналогам, а в большинстве случаев их превосходят.

Применение профилей нового сортамента позволит увеличить экономическую эффективность проектов промышленно-гражданской и транспортной

инфраструктуры, исключить зависимость российского рынка от иностранных производителей. По указанной разработке получен патент и планируется запуск производства горячекатаных шпунтовых свай нового сортамента на прокатном стане АО «ЕВРАЗ НТМК».

НОВЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

УДК 624.1

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-78>

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СВАИ ПО БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕСЛОЕНИЯ СКАЛЬНЫХ И ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

Брыксина Александра Андреевна (cherurnova@eccpf.ru)

Старший научный сотрудник лаборатории методов расчета подземных сооружений и геотехнического прогноза

НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

В докладе представлена методика определения несущей способности буронабивной ж/б сваи в скальных грунтах, переслаиваемых менее прочными и жесткими дисперсными грунтами, включение которых изменяет работу сваи. Простое суммирование расчетных сопротивлений по длине сваи и пяте завышает ее расчетную несущую способность и не соответствует реальной работе ввиду разных скоростей мобилизации сил трения в грунтах различного сложения. Методика разработана на основе анализа результатов статических испытаний свай с различных объектов в

г. Москве, численного моделирования, и учитывает табулированные и аналитические решения, приведенные в нормативной литературе. В качестве критерия достижения предельного сдвигового сопротивления основания сваи предложена формула для контрольной осадки S_{ref} , которая учитывает размеры сваи и характеристики материала ствола. Выполнен анализ степени чувствительности величины несущей способности сваи от параметров модели и расчетных предпосылок численного моделирования.

УДК 624.154.5

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-79-81>

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ДЛИННОМЕРНЫХ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ И ИХ РАСЧЕТ

Готман Альфред Леонидович (gotmans@mail.ru)

Доктор технических наук, профессор, главный специалист экспертно-аналитического отдела

НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Гавриков Михаил Д.

Аспирант

Российский университет транспорта (МИИТ)

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассматриваются результаты экспериментально-теоретических исследований и численных особенностей работы вертикально нагруженных крупноразмерных (длиной от 50 м и более) буронабивных свай. Выполнен анализ результатов испытаний методом погружного домкрата вертикально нагруженных крупноразмерных буронабивных свай диаметром 2 м, длиной 55 и 65 м в глинистых грунтах. По результатам испытаний выявлены особенности формирования сопротивления грунта под нижним концом и на боковой поверхности свай, и на этой основе дается обоснование необходимости выполнять расчет таких свай по грунту по второму предельному состоянию с учетом сжимаемости ствола сваи. Представлены численные исследования свай на вертикальную нагрузку на базе испытаний свай на реальном объекте. Представлена кинематическая схема включения в работу грунтового основания и ствола сваи по мере нагружения ее вертикальной нагрузкой. На этой основе разработана методика расчета осадки одиночной сваи и методика определения допускаемой нагрузки на сваю, при которой осадка сваи не превышает допускаемую осадку для проектируемого здания. Дается пример расчета буронабивной сваи по разработанной методике.

Ключевые слова: крупноразмерные буронабивные сваи, сжатие ствола сваи, осадка крупноразмерных свай, допускаемая нагрузка на сваю

Введение

В настоящее время буронабивные сваи широко применяются в строительстве объектов различного назначения как в России, так и за рубежом. Их использование осуществляется на основе общеизвестной концепции, в соответствии с которой сопротивление вертикально нагруженной буронабивной сваи по грунту формируется за счет сопротивления грунта на боковой поверхности сваи и под ее нижним концом [1, 2]. При этом предельное состояние основания сваи наступает сначала на боковой поверхности при определенной осадке (как

правило небольшой в пределах 1–2 см), получившей название «сдвиговой» осадки, затем после увеличения нагрузки до некоторой величины достигается предельное состояние основания под нижним концом сваи, характеризующееся незатухающей осадкой сваи без увеличения нагрузки. Эта нагрузка принимается за предельную.

Расчеты несущей способности свай по грунту базируются на этой физической схеме работы сваи и основаны на использовании двухчленной формулы, представленной в нормативном документе по проектированию свайных фундаментов.

При этом как постулат принимается, что предельное состояние по грунту наступает при осадках, меньших допускаемых по нормам, на основании чего расчет свай по грунту осуществляется по первому предельному состоянию – по несущей способности грунта основания.

Такой подход хорошо обоснован для массово применяемых в строительстве свай длиной до 20–30 м. Однако в настоящее время все чаще находят применение крупноразмерные буронабивные сваи диаметром 1,0–2,0 м, длиной 50 м и более – до 100 м [3].

Работа длинных буронабивных свай под нагрузкой существенно отличается от стандартных относительно коротких (длиной до 20–30 м) свай, и существующие методы расчета для таких свай не применимы. Особенностью длинных свай является то, что при действии вертикальной нагрузки происходит сжатие ствола сваи и величина деформации ствола сваи может достигать 4–5 см, что требует учета при их расчете. Кроме того, при осадке длинных свай происходит осадка околосвайного грунта за счет трения на боковой поверхности сваи.

В этой связи возникает необходимость исследования особенностей поведения крупноразмерных свай под действием вертикальной нагрузки и разработки методики расчета с учетом этих особенностей.

Результаты экспериментальных исследований

С целью выявления особенностей деформирования длинномерных буронабивных свай при нагружении вертикальной нагрузкой рассмотрим результаты испытания свай по методике погружного домкрата (метод Остерберга), представленные в работе [3]. На опытной площадке, сложенной глинистыми грунтами, были выполнены испытания двух буронабивных свай диаметром 2 м, длиной 55 и 65 м.

Грунтовые условия опытной площадки следующие:

– С поверхности на глубину до 14 м залегают ленточные глины твердой консистенции, $\varphi = 19^\circ$, $C = 0,2 \text{ МПа}$, $E = 30 \text{ МПа}$.

– Ниже, до глубины 19 м, – моренные

глины твердой консистенции, $\varphi = 26^\circ$, $C = 0,38 \text{ МПа}$, $E = 85 \text{ МПа}$.

– Ниже, до глубины 75 м, – вендские глины твердой консистенции, $\varphi = 26^\circ$, $C = 0,85 \text{ МПа}$, $E = 200 \text{ МПа}$.

Получено, что увеличение сопротивления трению на боковой поверхности сваи завершается при перемещениях 10–15 мм, т. е. при такой осадке полностью реализуется сопротивление грунта трению.

Сопротивление грунта под нижним концом сваи увеличивается линейно во всем диапазоне осадок вплоть до осадки 150–200 мм без признаков наступления предельного состояния.

Как видно, суммарная осадка сваи может достигать 20 см и более без наступления предельного состояния основания под нижним концом сваи, что значительно больше допускаемой нормами осадки (10–15 см) для большинства зданий и сооружений.

Из этого следует, что при расчете таких свай приоритетным является расчет осадки сваи.

По результатам численных исследований с использованием программного комплекса PLAXIS получены закономерности формирования напряженно-деформированного состояния системы «вертикально нагруженная буронабивная – основание», в том числе характерные деформации околосвайного грунта и тела сваи.

Методика расчета

В соответствии с результатами статических испытаний и численных исследований построена кинематическая схема включения в работу всех составляющих сопротивления по мере увеличения вертикальной нагрузки на сваю и разработанная методика расчета.

Получена формула для определения допускаемой нагрузки на сваю N_g , при которой осадка не будет превышать допускаемого значения $S_{доп}$

$$N_g = \frac{2S_{доп} - 2S_g + N_f(lB + 2D)}{2(lB + D)},$$

где $B = \frac{1}{EA}$; $C = \frac{1}{E_0A}$; $D = d(1 - \mu^2)C$

Список литературы

S_g – осадка околосвайного грунта в уровне пяты сваи;
 N_f – сопротивление сваи за счет трения по ее боковой поверхности;
 E – модуль упругости бетона сваи;
 d – диаметр поперечного сечения сваи;
 l – длина сваи в грунте;
 E_o – модуль деформации грунта под пятой сваи;
 μ – коэффициент Пуассона;
 A – площадь поперечного сечения сваи.

1. Бахолдин Б.В. Экспериментальные исследования несущей способности буронабивных полых свай на вертикальную нагрузку / Б.В. Бахолдин, В.И. Берман, И.В. Михайленко // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 1988. № 2. С. 14–17.

2. Мамонов В.М. Несущая способность буронабивных свай, изготовленных из бетонов различного состава / В.М. Мамонов, А.М. Дзагов, П.М. Ермошкин // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 1989. № 1. С. 11–14.

3. Шулятьев О.А. Основания и фундаменты высотных зданий / Изд. АСВ, 2016. 389 с.

FEATURES OF THE ACTION OF VERTICALLY LOADED SUPER-LONG BORED PILES AND THE CALCULATION METHOD THEREAT

Gotman Alfred L. (gotmans@mail.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Chief Specialist

NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Gavrikov Mikhail D.

Postgraduate Student

The Russian University of Transport (MIIT)

Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper describes the results of theoretical and experimental studies, as well as numerical features of the vertically loaded super-long bored piles action. Results of the Osterberg Load Test (O-cell) on super-long (55 m and 65 m) bored piles of 2 meters in diameter are analyzed. Considering the results of the test, the paper reveals peculiarities of the tip resistance development, as well as skin friction resistance. On this basis, it is suggested, that super-long bored piles shall be calculated with respect to Serviceability Limit State (SLC) criterion and pile shaft compression. The paper presents the numerical analysis of piles' response to the vertical load, taking in consideration results of an axial load test performed at the real construction site. A kinematic scheme of the pile shaft and surrounding soil interaction under vertical loading is described. Considering this, a new method for calculating single pile settlement and a new method for calculating the allowable load under which the pile settlement does not exceed the design value are developed. The paper presents an example of super-long bored pile calculation performed using the methods developed.

Keywords: super-long bored piles, pile shaft compression, settlement of super-long piles, ultimate pile load

УДК 624.154.5

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-82>

ВЛИЯНИЕ ИСТОРИИ ЗАГРУЖЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА В УСЛОВИЯХ ТРЕХОСНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Мирсаяпов Илизар Талгатович (mirsayapov1@mail.ru)

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология»

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Казань, Российская Федерация

Королева И.В. (79178711218@yandex.ru)

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология»

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Казань, Российская Федерация

Глинистый грунт является самым непрочным элементом системы «надземная часть здания – фундамент – грунтовое основание», при этом от его надежности больше всего зависит безопасность здания. Особенно это важно в случаях, когда основание получило деформации в процессе эксплуатации и в грунте образовались микро- и макрзоны сдвига, но здание сносу не подлежит. Этот подвергшийся нагружению грунт имеет другие физико-механические характеристики, отличные от данных, полученных по результатам инженерно-геологических изысканий до начала строительства здания. Однако очень

мало исследований об этом явлении. Авторами выполнены исследования изменения прочности грунта, имеющего «историю загрузки». Образец грунта нарушенной структуры сначала загружался в образце трехосного сжатия кубической формы, получал начальные дефекты и деформации, а затем разрушался в стабилометре. Получены данные об изменении прочности грунта в зависимости от времени и влияния влажности на этот процесс. Разработаны аналитические уравнения, описывающие процесс изменения прочности грунта, имеющего историю загрузки.

УДК 69.058.2

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-83>

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шашкин Алексей Георгиевич (9563513@gmail.com)

Генеральный директор

ООО ИСП «Геореконструкция»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Шашкин Константин Георгиевич (cshashkin@yandex.ru)

Кандидат технических наук, заместитель генерального директора

ООО ИСП «Геореконструкция»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Мониторинг сооружений при эксплуатации – прямое требование действующего законодательства, тем более актуальное для технически сложных сооружений, к которым относятся высотные здания. Он важен не только для обеспечения механической безопасности при эксплуатации сооружения, но и как инструмент для обратного анализа фактического напряженно-деформированного состояния конструкций и основания на предмет соответствия выполненному при проектировании расчетному прогнозу, что в итоге должно способствовать развитию строительной теории и практики. Доклад посвящен организации мониторинга при эксплуатации небоскреба «Лахта-Центр» в Санкт-Петербурге. Основу системы мониторинга составляет расчетная модель здания, взаимодействующая с основанием, позволяющая придать мониторингу интерактивный

характер. Особое внимание уделено определению «сигналов тревоги», которые позволяют своевременно проинформировать о возникновении негативных тенденций, помогая исключить возникновение аварийной ситуации. Показано, что расчеты для обоснования критериев систем мониторинга существенным образом отличаются от обычных расчетов при проектировании. Сформулированы признаки работоспособной системы мониторинга, которой в полной мере соответствует реализованная на практике система. Приведены сравнения показаний, установленных в конструкциях измерительной аппаратуры и проектных ожиданий. На примере высотного здания показано, каким образом следует назначать критерии «тревоги» и «аварии» для обеспечения работоспособности системы мониторинга при эксплуатации.

УДК 624.15

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-84-85>

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ОСНОВАНИЯ

Шулятьев Станислав Олегович (shulyatevs@yandex.ru)

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
НИИОСП им. Н.М. Герсванова АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: расчет фундаментов, ядро основания, фундамент на естественном основании, интегральные преобразования, натурные испытания

Известно, что расчет фундамента описывается с использованием теории расчета балок и плит на упругом основании. При этом вводятся различные гипотезы о связи реактивного давления с прогибом, наиболее простой из которых является гипотеза Винклера, в соответствии с которой реактивное давление в данной точке прямо пропорционально прогибу фундамента в этой же точке. Единый подход к использованию линейных моделей, не связанный с построением их механических аналогов, основан на применении функции влияния основания. Впервые исследование задач изгиба конструкций на упругом основании на основе общей модели линейно-деформируемого основания с математическим описанием ее с помощью ядра основания произвел Ю.Г. Корнев. При этом ядром основания называется функция K , представляющая смещение границы основания, вызванное единичной силой, приложенной в точке ξ . В этом случае между реактивным давлением и перемещением поверхности основания будет иметь место зависимость, представляющая интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода. Входящие в него напряжения и перемещения предлагается определять с использованием полевого эксперимента.

Для определения функций перемещения и контактного давления на опытной площадке было проведено три испытания с использованием трех специально изготовленных железобетонных плит размерами $2 \times 2 \times 0,2$ м из бетона класса В45. Плиты

располагались в шурфах глубиной 2,5 м на пылеватых песках естественного сложения мощностью до 6 м. Все опытные плиты были заармированы с использованием верхней и нижней арматуры диаметром 8 и 20 мм соответственно. Шаг арматуры составлял 200 мм. Поверхность испытаний тщательно планировалась с максимальным допустимым уклоном 1 мм/1 м. Места проведения испытаний накрывались шатром с поддержанием в нем постоянной температуры в пределах ± 5 °С. Каждая опытная плита оборудовалась системой, состоящей из 31 датчика, позволяющей считывать показания одновременно в автоматизированном режиме. В процессе проведения испытаний регистрировались контактные давления, относительные деформации бетона и арматуры в верхней и нижней частях плиты, вертикальные перемещения плит и грунта за пределами плиты, нагрузки, передаваемые на плиту.

Нагружение опытных плит производилось гидравлическими домкратами с поддержанием постоянного давления в пределах 5 % от ступени нагружения. Передача нагрузки на плиту осуществлялась с использованием железобетонного куба со стороной 0,2 м. Испытания производились в два этапа. На первом этапе плиты нагружали до среднего давления 10 и 5 Т/м² с последующей поэтапной разгрузкой. После первого этапа переходили ко второму с максимальным средним давлением 37,5 Т/м². Шаг нагружения составлял 2,5 Т/м², шаг разгрузки принимался иден-

тичным. В качестве критерия стабилизации принималась деформация, составляющая менее 0,1 мм за последний час наблюдений.

Эпюра контактных напряжений носит седлообразный характер, что хорошо согласуется с результатами испытаний, полученными другими авторами. Для интерполяции функции контактного давления могут быть использованы различные системы функций. Для упрощения дальнейших рассмотрений примем в качестве аппроксимирующей функции квадратный двухчлен.

По результатам измерений были получены характеры изгиба плиты и перемещения грунта за пределами плиты, которые приведены на слайде. Как видно из сопоставления деформированных видов плит, полученных для разных плит, они совпадают между собой. Учитывая характер деформирования плиты и грунта в качестве аппроксимирующей функции, можно выбрать полином шестой степени с четными степенями.

Определение ядра основания для интегрального уравнения Фредгольма первого рода является обратной задачей, для решения которой подходит разработанный аппарат интегральных преобразований. При этом левая часть уравнения является сверткой функций, ядро в таком случае определяется как отношение интегрально преобразованной функции перемещений к интегрально преобразованной функции контактных напряжений. Поскольку функции удовлетворяют условиям Дирихле в интервале $(0,2)$, то можно воспользоваться интегральным преобразованием Фурье или Лапласа. Функцию контактных напряжений представим в виде функции

от 0 до 1 и далее приравняем ее к нулю. Функцию перемещений рассмотрим на участке от нуля до 2,5. Тогда, определяя отношение двух функций и производя обратное преобразование Лапласа, получаем следующее ядро основания. Как можно видеть в данном случае, ядро представляет собой комбинированную модель основания с пружинками на упругом основании. В отличие от решения Буссинеска данное решение не имеет особенностей. После получения ядра основания можно решать интегро-дифференциальную систему уравнений и определять изгибающие моменты, осадки плиты фундамента.

Данный метод расчета фундаментов был реализован в Набережных Челнах при проектировании 10-этажного жилого здания, в основании которого залегают пески пылеватые и пески мелкие. Изначальным проектом было предусмотрено устройство свайного основания, однако благодаря проведению дополнительных исследований удалось отказаться от устройства свайного фундамента и построить сооружение на естественном основании. По результатам проведенных геодезических измерений средняя осадка фундамента составила 10 см, относительные деформации и крены сооружения остались в нормативных пределах.

Таким образом, с использованием вышеописанных приемов за счет проведения полевых испытаний возможно получение модели основания для конкретной площадки строительства, которая позволит более детально определять НДС оснований и фундаментов, получать более достоверные величины напряжений и осадок фундаментов.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-86-88>

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОМПАНИИ В РАМКАХ ПРОГРАММ ИННОВАЦИИ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ. РЕМОНТНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Гаврилов Артур Борисович (agavrilov@polyplast-nm.ru)

Инженер-технолог

ООО «Полипласт Новомосковск»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: импортозамещение, инновации, российский производитель, диверсификация, материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций

Введение

Курс на импортозамещение взяли в 2014 году, а при усилении геополитической напряженности в феврале 2022 года государство объявило о масштабных мерах господдержки технологического суверенитета. Правительство призывает отказаться от специализации только в тех сферах, где Россия и так имеет преимущество перед другими странами.

Цель

Создание современных производств, которые могут конкурировать с иностранными компаниями и выпускать товары, которые вытеснят зарубежные аналоги.

Материалы и методы

Основной документ программы импортозамещения – Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (последние изменения на дату публикации – от 2 июня 2022 года). Основной документ программы инновационного развития – Стратегия инновацион-

ного развития Российской Федерации на период до 2020 года.

Результаты

Этапы деятельности ведущего российского производителя в области промышленной химии:

- в апреле 2022 года руководством холдинга было принято решение о расширении производства и строительстве нового завода по производству сухих строительных смесей;

- в августе 2022 года благодаря поддержке Администрации Краснодарского края Фондом развития промышленности Краснодарского края предприятию предоставлен заем по программе «Проекты развития (краевое финансирование)» на расширение производства;

- предприятие холдинга приступило к реализации инвестиционного проекта по строительству завода по производству сухих высокотехнологичных строительных смесей;

- в декабре 2022 года возведены производственный корпус с линией по производству сухих строительных смесей, складские помещения, административно-бытовой

комплекс с лабораторией, которая укомплектована самым современным оборудованием;

– в феврале 2022 года проведены сравнительные натурные испытания потребительских свойств и технических характеристик продукции с аналогами ведущих европейских производителей, выпущены первые пробные партии продукции;

– в марте 2022 года пробные продукты предоставлены профессионалам рынка ремонтных материалов по бетону для предварительной оценки качества и потребительских свойств, произведены корректировки рецептур, продукция предоставлена для повторных натурных испытаний.

Выводы

Государственные программы импортозамещения и инновации действуют.

Современные российские компании имеют возможность участвовать в них. Как пример: в рамках программ инновации и импортозамещения известного российского производителя произведена диверсификация деятельности. Введена в эксплуатацию новая производственная площадка с современным производственным и лабораторным оборудованием, складскими помещениями. Создана структура производства и реализации. Продукция соответствует ГОСТ 31357-2007, ГОСТ 31189-2015, ГОСТ Р 56378-2015 Декларация соответствия РОСС RU Д-RU. PA01.В.39358/22 и ГОСТ Р 58277-2018 Декларация соответствия РОСС RU Д-RU. PA01.В.38099/22. Создан стандарт организации СТО 26568488-001-2023.

DIVERSIFICATION OF A MODERN RUSSIAN MANUFACTURING COMPANY WITHIN THE FRAMEWORK OF INNOVATION AND IMPORT SUBSTITUTION PROGRAMS. REPAIR AND PROTECTIVE MATERIALS

Gavrilov Artur B. (agavrilov@polyplast-nm.ru)

Process Engineer

LLC Poliplast Novomoskovsk

Moscow, Russian Federation

Keywords: import substitution, innovation, Russian manufacturer, diversification, materials and systems for the protection and repair of concrete structures

Introduction

The course for import substitution was taken in 2014, and with the intensification of geopolitical tensions in February 2022, the state announced large-scale measures of state support for technological sovereignty. The government urges to abandon specialization only in those areas where Russia already has an advantage over other countries.

Aim

Creation of modern production facilities that can compete with foreign companies and produce goods that will displace foreign analogues.

Materials and methods

The main document of the import

substitution program is the Decree of the Government of the Russian Federation No. 328 dated April 15, 2014 «On Approval of the State Program of the Russian Federation “Development of Industry and Improvement of its Competitiveness” (the latest changes as of the publication date are dated June 2, 2022). The main document of the innovative development program is the Strategy of Innovative Development of the Russian Federation for the period up to 2020.

Results

Stages of activity of the leading Russian manufacturer in the field of industrial chemistry:

– in April 2022, the management of the holding decided to expand production and

build a new plant for the production of dry building mixes;

– in August 2022, thanks to the support of the Krasnodar Territory Administration, the Krasnodar Territory Industry Development Fund granted the company a loan under the program “Development Projects (regional financing)” to expand production;

– the holding company has started implementing an investment project for the construction of a plant for the production of dry high-tech building mixes;

– in December 2022, a production building with a line for the production of dry building mixes, storage facilities, an administrative and household complex with a laboratory equipped with the most modern equipment were erected;

– in February 2022, comparative full-scale tests of consumer properties and technical characteristics of products with analogues of leading European manufacturers were conducted, the first trial batches of products were released;

– in March 2022, trial products were provided to professionals of the market of repair materials for concrete for a preliminary

assessment of quality and consumer properties, adjustments of formulations were made, products were provided for repeated field tests.

Conclusions

State import substitution and innovation programs are in effect. Modern Russian companies have the opportunity to participate in them. As an example: within the framework of the innovation and import substitution programs of a well-known Russian manufacturer, the diversification of activities was carried out. A new production site with modern production and laboratory equipment and storage facilities has been put into operation. The structure of production and sales has been created. The products comply with GOST 31357-2007, GOST 31189-2015, GOST R 56378-2015 Declaration of Conformity ROSS RU D-RU. RA01.V.39358/22 and GOST R 58277-2018 Declaration of Conformity ROSS RU D-RU. RA01.V.38099/22. The standard of the organization STO 26568488-001-2023 was created.

УДК 691.32

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-89-90>

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА И НАНОДОБАВКИ НА ГИДРАТАЦИЮ ЦЕМЕНТА

Карпова Екатерина Алексеевна (ek.karпова@istu.ru)

Кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова
Ижевск, Российская Федерация

Ключевые слова: цемент, гидратация, пластифицирующая добавка, углеродные нанотрубки, поликарбоксилат, нафталинсульфонат, лигносульфонат

Модификация цементных композитов добавками нанометровой размерности, в частности углеродными нанотрубками, изучалась на протяжении последних десятилетий как в РФ, так и за рубежом. Главным образом исследования направлены на изучение свойств суспензий углеродных наноматериалов, методик их гомогенизации и последующего введения в цементные бетоны и растворы. Рядом исследований был подтвержден прирост прочностных показателей при введении малых концентраций нанодобавок и улучшение эксплуатационных показателей материалов. Однако, несмотря на значительное количество работ, остается открытым вопрос взаимодействия суспензий и пластифицирующих добавок, применяемых для получения бетонных смесей заданной подвижности. Целью данного исследования являлось изучение комплексного влияния пластифицирующих добавок, применяемых в строительной практике для приготовления бетонных смесей, в сочетании с суспензией углеродных нанотрубок на гидратацию цемента.

В ходе исследования в качестве вяжущего был использован цемент ЦЕМ I 42,5Н. Суспензия для модификации цемента была изготовлена на основе гранул “Graphistrength CW 2-45”, производимых компанией “Arkema” (Франция). Содержание углеродных нанотрубок было принято от 0 до 0,12 % от массы цемента. В качестве

пластифицирующих добавок были использованы пластификаторы на основе эфира поликарбоксилата, нафталинсульфоната и лигносульфоната. Содержание пластифицирующих добавок составляло 1 % от массы цемента, водоцементное отношение для исследуемых смесей было принято равным 0,50.

Калориметрическое исследование проводилось посредством изотермического калориметра TAM AIR III с диапазоном измерений ± 600 мВт. В ходе исследования были получены калориметрические кривые теплового потока и общего количества выделившегося тепла в образцах, модифицированных суспензией углеродных нанотрубок в сочетании с тремя типами пластифицирующих добавок. В дополнение к калориметрическим исследованиям были проведены рентгенофазовый и дифференциально-термический анализ.

В результате проведенного исследования было установлено, что при совместном введении углеродных нанотрубок и пластифицирующих добавок наблюдается ускорение процессов гидратации. При введении углеродных нанотрубок в количестве 0,12 % от массы цемента в сочетании с пластификаторами на основе поликарбоксилата, нафталинсульфоната и лигносульфоната отмечалось увеличение общего тепловыделения на 30,8, 62,2 и 38,2 Дж/г после 48 ч гидратации.

COMPLEX INFLUENCE OF PLASTICIZING ADMIXTURES AND NANO-ADDITIVE ON THE CEMENT HYDRATION

Карпова Екатерина А. (ek.karpova@istu.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Izhevsk, Russian Federation

Keywords: cement, hydration, plasticizing admixture, carbon nanotubes, polycarboxylate, naphthalene sulfate, lignosulfonate

УДК 691.32

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-91-92>

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНЫХ БЕТОНОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ И СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Матвеева Ольга Иннокентьевна (matveeva_oi@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РИА, генеральный директор
ООО «ЯкутПНИИС-Коммерческий Центр»
Якутск, Российская Федерация

Федорова Галина Дмитриевна (fedorovagd@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент
СВФУ им. М.К. Аммосова
Якутск, Российская Федерация

Цеева Анастасия Николаевна (antseeva@mail.ru)

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского
отделения РАН
Якутск, Российская Федерация

Ключевые слова: климат, мерзлота, бетонная смесь, бетон, воздухововлечение, прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, конструкции железобетонные

Перспективными программами развития Республики Саха (Якутия) предусмотрено создание крупных горнодобывающих и перерабатывающих комплексов в Южной, Восточной и Западной Якутии, крупных промышленных, гидротехнических, подземных сооружений, обширной сети автомобильных дорог, железной дороги и возведение большого количества мостовых переходов. Последние годы особо остро ставятся вопросы освоения арктических территорий страны. Создание долговечных бетонов для строительства объектов в суровых условиях имеет важное научно-техническое и народно-хозяйственное значение.

В статье обобщены результаты многолетних исследований свойств бетонных смесей и бетонов, опыт строительства и эксплуатации в климатических условиях Якутии гражданских, промышленных, транспортных и подземных сооружений, конструкции которых работают в особо

суровых условиях: климатические воздействия, интенсивные динамические нагрузки, воздействие агрессивных высокоминерализованных подземных вод, попеременное замораживание и оттаивание, интенсивные испарения в летний период.

В «ЯкутПНИИС» были исследованы различные способы повышения коррозионной стойкости и морозостойкости фундаментных конструкций (химизация бетонов, поверхностная антикоррозионная защита и теплозащита конструкций), изучено влияние климатических воздействий на прочность и морозостойкость бетона, а также исследованы способы получения бетона повышенной морозостойкости на местных материалах для возведения монолитных конструкций, возводимых в разное время года в климатических условиях Якутии, в том числе твердеющих в контакте с многолетнемерзлыми грунтами.

Эти работы были выполнены как в лабораторных, так и в естественных поли-

гонных условиях с моделированием особо суровых условий эксплуатации бетона конструкций. В производственных условиях получены и реализованы на различных объектах бетоны со следующими гарантированными показателями: класс бетона по прочности на сжатие В35–В40, по водонепроницаемости W8–W12, маркам по морозостойкости до F1400–F1600, F2200. Начиная с 1994 года бетоны, модифицированные ПФМ-НЛК, применены при строительстве 30 мостовых переходов в Якутии, при возведении подземных шахт трех подземных рудников АЛРОСА (с 2003 года), а также при производстве сборных железобетонных предварительно напря-

женных дорожных и аэродромных плит, сборных железобетонных свай, монолитных железобетонных аэродромных покрытий и буронабивных свай. Показано, что умеренное воздухововлечение в бетонную смесь (2,5–3,5 %) способствует формированию пористой структуры бетона с преобладанием условно-замкнутых пор и гарантированно обеспечивает указанные выше показатели качества даже при использовании местных заполнителей, не полностью отвечающих требованиям стандартов для производства бетонов (на заполнителях с низкими показателями качества: мелкий песок, $M_k = 0,9–1,3$, известняковый щебень с маркой по морозостойкости F50).

EXPERIENCE IN THE USE OF DURABLE CONCRETES IN CLIMATIC AND SPECIFIC SOIL CONDITIONS OF YAKUTIA

Matveeva Olga I. (matveeva_oi@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Corresponding Member of RIA, General Director

LLC YakutPNIIS – Commercial Center
Yakutsk, Russian Federation

Fedorova Galina D. (fedorovagd@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor

NEFU named after M.K. Ammosov
Yakutsk, Russian Federation

Tseeva Anastasia N. (antseeva@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher

V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS

Yakutsk, Russian Federation

Keywords: climate, permafrost, concrete mix, concrete, air attraction, strength, frost resistance, water resistance, reinforced concrete structures

УДК 691:620.197

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-93>

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ВТОРИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Соколова Светлана Евгеньевна (sokolova-niizhb@mail.ru)

Старший научный сотрудник

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: железобетон, вторичная защита, защитные покрытия

Широкое применение бетонных и железобетонных конструкций при строительстве зданий и сооружений различного назначения выдвигает на первый план проблему обеспечения их долговечности. Вторичная защита строительных конструкций от коррозии, заключающаяся в нанесении систем защитных покрытий, ограничивает или исключает воздействие агрессивной среды на бетонные и железобетонные конструкции, является основой обеспечения долговечности. При условии правильного выбора средств и методов вторичной защиты применительно к тем или иным условиям эксплуатации долговечность конструкций может быть обеспечена, а межремонтные сроки увеличены в 2–3 раза.

Предложен научно обоснованный подход к выбору критериев оценки эффективности систем покрытий для вторичной защиты бетона. На основании многолетнего практического опыта НИИЖБ сформулированы критерии оценки систем покрытий по основным показателям качества на бе-

тоне: адгезия, трещиностойкость, водонепроницаемость, морозостойкость, диффузионная проницаемость для углекислого газа и проницаемость для хлорид ионов. Основной эффект защитного действия системы покрытия определяют при оптимальной толщине защиты, как правило, путем сопоставления показателей качества бетона с системой защитного покрытия и контрольного состава (без защиты).

Приведены результаты комплексных исследований систем защитных покрытий на бетоне на основе материалов как отечественных, так и зарубежных производителей, различающихся по типу пленкообразующего, на полимерной и на цементной основе.

В докладе представлены системы защитных покрытий бетона, прошедшие экспертную проверку в НИИЖБ, и опыт их применения на объектах промышленного и гражданского строительства для повышения долговечности железобетонных строительных конструкций.

EFFECTIVE METHODS OF SECONDARY PROTECTION TO INCREASE THE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Sokolova Svetlana E. (sokolova-niizhb@mail.ru)

Senior Researcher

NIIZHB named after A.A. Gvozdeva, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforced concrete, secondary protection, protective coatings

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-94-95>

ОЦЕНКА РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НЕКОТОРЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЕГИПТА

Фаликман Вячеслав Рувимович (vfalikman@yandex.ru)

Доктор материаловедения, руководитель центра научно-технического сопровождения строительства особо сложных объектов
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Сиротин Павел Николаевич (pn.sirotn@yandex.ru)

Ведущий специалист по испытаниям материалов
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Сурков Александр Викторович (aleksandr_surkov@inbox.ru)

Ведущий специалист по технологии бетонов
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: реакция между щелочами и заполнителями, реакция между щелочами и кремнеземом, щелочно-карбонатная реакция, долговечность бетона, предотвращение разрушения под воздействием реакции между щелочами и заполнителями в бетоне

Обеспечение требуемой коррозионной стойкости и долговечности всегда рассматривается как одна из основных задач при проектировании составов бетонов. Критически важное значение этот показатель качества приобретает при проектировании и сооружении крупноразмерных инфраструктурных объектов с продолжительным сроком эксплуатации. Большинство свойств бетонов, определяющих долговечность конструкций (показатели пористости, проницаемости, стойкости к коррозионному воздействию окружающей среды, истираемости и т. д.), сравнительно просто обеспечиваются надлежащим проектированием составов бетона с использованием эффективных химических и минеральных добавок. Более сложной и требующей больших затрат времени является оценка долговременной стойкости используемых сырьевых материалов. Внутренняя коррозия бетона, вызываемая наличием в составе бетона реакционноспособного заполнителя, представляет собой одну из наиболее остро

стоящих в настоящий момент проблем. С учетом значительного срока протекания процесса внутренней коррозии в бетоне в естественных условиях особое значение приобретают методы ускоренной оценки риска ее развития при использовании потенциально реакционноспособных заполнителей.

В статье представлены результаты определения реакционной способности заполнителей из нескольких месторождений и карьеров Северного Египта, а именно из карьера Al Khattaba, Abo Agwa, Attaka, Al Khattaba quarry, El Salhia, El Dabaa, Hurghada, and Wadi El Natron. Испытания проводились ускоренным методом с определением деформаций призм в соответствии со стандартными методами ASTM и RILEM. Используемые методы были разработаны для определения потенциальной реакционной способности как кремнеземистых, так и карбонатных пород. Детальный минералогический и петрографический анализ породы был

проведен для заполнителя Attaka с минимальным зарегистрированным значением деформации (-0,001 %). С учетом уже имеющихся литературных источников проведен анализ данных по оценке реакционной способности щебня из месторождения Attaka. На основании полученных данных в работе проанализирована возможность использования испытанных видов заполнителей для выполнения бетонных

работ при строительстве крупных инфраструктурных объектов на севере Египта, а именно: портовых сооружений, морских платформ, массивных плотин и объектов атомной энергетики. Рассмотрены методы снижения потенциального риска развития внутренней коррозии бетона при использовании реакционноспособных заполнителей в соответствии с ASTM C1778.

EVALUATION OF THE ALKALI-REACTIVITY OF SOME AGGREGATES ON THE NORTH COAST AREA OF EGYPT

Falikman Vyacheslav R. (vfalikman@yandex.ru)

Dr. Sci. (Materials), Head of the Center for Scientific and Technical Assistance at Complex Construction Projects

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Sirotin Pavel N. (pn.sirotin@yandex.ru)

Leading Materials Testing Specialist

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Surkov Aleksandr V. (aleksandr_surkov@inbox.ru)

Leading Concrete Technology Specialist

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: Alkali–aggregate reaction, Alkali–silica reaction, Alkali–carbonate reaction, Durability of concrete, Prevention of damage by AAR in concrete

Ensuring the required deterioration resistance and durability is always considered as one of the main challenges in concrete performance. The premature degradation of concrete caused by reactive aggregates is one of the most acute problems facing concrete science today. The paper presents the results of determination of potential alkali-reactivity of aggregates from several deposits and quarries in Northern Egypt, specifically Al Khattaba quarry, Abo Agwa, Attaka, Al Khattaba quarry, El Salhia, El Dabaa, Hurghada, and Wadi El Natron. Tests were conducted by accelerated methods with determination of strains on prisms according to ASTM and RILEM standard methods. The methods used were developed to determine the potential reactivity of both silica and

carbonate rocks. A detailed mineralogical and petrographic analysis of the rock was performed for the Attaka aggregate with the minimum recorded deformation value (-0.001 %). Considering the already available literature sources the analysis of data on the assessment of the crushed stone reactivity from the Attaka deposit has been carried out. Based on the data obtained, the paper analyzes the possibility of using the tested types of aggregates to perform concrete work in the construction of large infrastructure facilities in the North of Egypt, viz port facilities, offshore platforms, massive dams, and nuclear power facilities. Methods to reduce a potential risk of deleterious alkali-aggregate reaction in concrete according to ASTM C1778 are considered.

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.012.1

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-96>

ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАДОЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ветков Антон Сергеевич (vetkov.anton@yandex.ru)

Научный сотрудник сектора прочности каменных конструкций

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Увлажнение практически всех видов строительных материалов, в том числе кладочных стеновых изделий, является причиной развития в них деструктивных процессов, влияющих на снижение прочности и, соответственно, их долговечности.

Кирпичные конструкции стен, подвергающиеся влиянию агрессивной влагонасыщенной среды, во многих случаях являются наиболее важными элементами исторических зданий.

В рамках подготовки выполнения научно-исследовательской опытно-конструкторской работы в 2023 году по определению нормируемых параметров кладочных изделий с учетом их влажности был выполнен обзор и анализ зарубежных технических статей и исследований по данной тематике.

Исследования влияния влаги в кирпичах, растворах и стенах на их механические свойства, представленные в первоисточниках, сосредоточены в основном на связи между степенью влажности кладочных материалов, их прочностью и деформируемостью при сжатии.

Под прямым воздействием воды текстура (и структура) материала изменяется, что может привести к ухудшению механических свойств. Косвенное воздействие связано с водой, т. е. фактором, допускающим и инициирующим определенные коррозионные процессы, такие как морозное разрушение, химическая и биологическая коррозия.

Присутствие воды необходимо в процес-

се химической коррозии, которая приводит к выцветанию и субфлуоресценции и, следовательно, к ухудшению эстетических качеств и долговечности материала соответственно. Вода играет также ключевую роль в биологической коррозии. Наиболее важное значение имеют факторы, влияющие на снижение прочности.

Исследования, проведенные за рубежом, позволили уточнить причины снижения прочности керамического кирпича при интенсивном увлажнении. Исследование проводилось для двух видов кирпича с различными физико-механическими характеристиками. В частности, были исследованы полнотелые керамические кирпичи, выпускаемые на современных технологических линиях, а также кирпичи, отобранные при обследовании зданий исторической застройки 17 века.

По результатам исследований авторы отмечают, что снижение прочности керамического кирпича при замачивании (от 10 до 21 %) необходимо учитывать при оценке прочности кладки и определения несущей способности конструкций реконструируемых зданий.

Предусматривается провести ряд научно-исследовательских работ для получения данных о влиянии увлажнения на прочность и деформативность кладочных керамических бетонных кирпичных камней и блоков и разработать предложения для корректировки нормативных документов и стандартов, т. к. по данной тематике подобных исследований практически не проводилось.

УДК 693

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-97-98>

РЕЗЕРВЫ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАМЕННЫХ АРОК И СВОДОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Зимин Сергей Сергеевич (zimin_sergei@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент Инженерно-строительного института Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого Санкт-Петербург, Российская Федерация

Орлович Ромуальд Болеславович (orlowicz@mail.ru)

Доктор технических наук, профессор ООО ИСП «Геореконструкция» Санкт-Петербург, Российская Федерация

Ключевые слова: каменные своды, арки и перемычки, механизмы разрушения, резервы несущей способности

Каменные арки и своды являются одними из основных конструктивных элементов зданий и сооружений исторической застройки. Часто наблюдаемыми дефектами арок и сводов являются трещины, деградация и расслоение кладки и даже вывалы ее отдельных фрагментов, причиной которых могут быть эксплуатационный износ, перегрузки, динамические воздействия, неравномерные осадки фундаментов и другие факторы. Усиление таких конструкций часто выполняется с обеспечением чрезмерных запасов прочности. Кроме этого, усиление портит внешний вид исторических зданий. В связи с этим важным является выявление резервов несущей способности каменных арок и сводов исторических зданий за счет:

– учета «включения» засыпки пазух сводов в их работу. Засыпка обычно выполняется с целью выравнивания криволинейной поверхности сводов для устройства полов. При проведении поверочных расчетов засыпка пазух обычно рассматривается как постоянная нагрузка. В действительности же засыпка взаимодействует со сводом, положительно влияя на его напряженно-деформированное состояние. Причем эффективность влияния засыпки возрастает с увеличением ее модуля упругости и высоты подъема сводов;

– учета «включения» кладки над проезды арками. При проведении поверочных расчетов подобные арки обычно рассчитываются как отдельные конструктивные элементы. Однако арки сопротивляются действующим усилиям совместно с устроенной поверх них кладкой. Более того, в вышерасположенной кладке образуется «вторичная» арка, за счет чего усилия в фактической арке существенно снижаются. Кроме этого, нагрузка на подобные арки обычно передается через межколонные пояса, благодаря которым происходит перераспределение контактного давления на арки;

– учета «включения» кладки над клинчатыми перемычками дверных и оконных проемов стен. Здесь, аналогично проезды аркам, перемычки совместно с вышерасположенной кладкой сопротивляются действующим усилиям. Причем эффект совместной работы возрастает с увеличением стрелы подъема перемычек, а также с увеличением толщины расположенной над ними кладки;

– учета фактических механизмов разрушения сводчатых конструкций. Так, наличие в шельге цилиндрического свода трещины не свидетельствует об исчерпании его несущей способности. Трещину следует трактовать как условный шарнир. В боль-

шинстве же случаев при проведении поверочных расчетов при достижении растягивающих напряжений соответствующего расчетного сопротивления делается вывод о необходимости усиления свода. Однако исчерпание несущей способности свода произойдет после образования четвертого шарнира (трещины) и превращения свода в кинематический механизм.

Учет резервов несущей способности арок и сводов позволит избежать их дорогостоящего усиления, которое, кроме прочего, портит внешний вид исторических зданий.

BEARING CAPACITY RESERVES OF STONE ARCHES AND VAULTS OF HISTORICAL BUILDINGS

Zimin Sergey S. (zimin_sergei@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of Institute of Civil Engineering
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg, Russian Federation

Orlovich Romuald B. (orlowicz@mail.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor
LLC ISP Georekonstrukciya
St. Petersburg, Russian Federation

Keywords: stone vaults, arches and lintels, destruction mechanisms, bearing capacity reserves

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.016

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-99-101>

КОМПЛЕКС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пехоти́ков Андрей Владимирович (pekhotikov.a@mail.ru)

Начальник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

Москва, Российская Федерация

Правовые основы для совершенствования нормативно-методической базы по обеспечению пожарной безопасности в сфере деревянного домостроения:

– Поручение Президента Правительству РФ «Разработать комплекс мер, направленных на развитие строительства жилых домов и объектов социально-культурного назначения с использованием деревянных конструкций, созданных индустриальным способом, а также обеспечить реализацию комплекса таких мер», от 09.10.2020 г.

– Государственная программа Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов.

– Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2021 года N 312-р «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года».

– План мероприятий («Дорожная карта») по совершенствованию технического регулирования в области строительства и пожарной безопасности многоэтажных деревянных зданий, в том числе с применением конструкций из перекрестно-клееной древесины, на 2021–2023 гг.

– Предложения Минстроя, Минпромторга, ЦА МЧС России, Ассоциации Де-

ревянного Домостроения, Segezha Group, Дом РФ.

Теоретические и экспериментальные научные исследования, проведенные ФГБУ ВНИИПО МЧС России:

1. НИР «Выполнение работ по мониторингу и анализу нормативной базы и научно-технической литературы в области обеспечения пожарной безопасности жилых и общественных зданий из деревянных строительных конструкций» (договор с ФАУ «ФЦС» Минстроя России).

2. НИР «Исследования по расчетно-аналитическому обоснованию противопожарных расстояний между жилыми и общественными зданиями из деревянных строительных конструкций» (договор с ФАУ «ФЦС» Минстроя России).

3. НИОКР «Исследования пожарной опасности стен наружных с внешней стороны жилых и общественных зданий из деревянных строительных конструкций» (договор с ФАУ «ФЦС» Минстроя России).

4. НИР «Провести исследования и разработать предложения для включения в нормативные документы в части обеспечения пожарной безопасности многоэтажных зданий с применением деревянных конструкций (договор с ООО «СОКОЛ СиЭлТи») (СЕГЕЖА ГРУПП).

5. Разработка стандартов организации по проектированию в части обеспече-

ния пожарной безопасности многоэтажных жилых зданий и социально-культурных объектов с применением конструкций из древесины и древесных материалов (договор с Фондом ДОМ.РФ).

Результаты исследований пожарной опасности зданий из деревянных строительных конструкций:

– Проведен аналитический обзор отечественных и зарубежных нормативных документов и литературы.

– Проведен анализ применения лучших мировых практик в области обеспечения пожарной безопасности зданий из деревянных строительных конструкций, позволивший оценить состояние вопроса.

– Проведена оценка наличия и уровня технологий современного производства деревянных конструкций, созданных индустриальным способом.

– Выявлены основные недостатки нормативно-методического обеспечения, положения нормативных документов, требующие доработки.

– Сформированы общие направления исследований и развития нормативной базы.

– Проведен комплекс среднemasштабных экспериментов (более 100 испытаний) по определению фактических пожарно-технических характеристик несущих и ограждающих строительных конструкций из древесины, а также отдельных узлов примыканий и узлов пересечений. Получены уникальные данные об огнестойкости и пожарной опасности конструкций, применяемых в качестве несущих элементов зданий, в фасадных системах и на путях эвакуации.

– Определено, что несущие конструкции стен и перекрытий могут обеспечивать значительные пределы огнестойкости (до 90 минут и выше), а при использовании современных конструкционных огнезащитных материалов (ГКЛ, ГВС, ЦСП, минеральная вата и т. п.) могут применяться в любых зданиях без ограничений.

– Установлен факт высокой пожарной опасности фасадных конструкций с применением древесины, что потребует поиска

новых облицовочных материалов.

– На путях эвакуации требуется дополнительная защита конструкций.

– Оценена необходимость огнезащиты деревянных конструкций зданий для обеспечения требуемых пожарно-технических характеристик.

– Для зданий из деревянных конструкций до 4-х этажей разработан комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Разработаны требования к системам предотвращения пожара, к системе пожарной сигнализации, системе оповещения и управления эвакуации людей при пожаре, системе противодымной вентиляции, установкам автоматического пожаротушения, внутреннему пожарному водопроводу и иным составляющим системы пожарной автоматики (при необходимости) в зданиях из деревянных конструкций.

Предложения:

Ввести в нормативные требования новую комбинацию пожарно-технических параметров зданий I–III степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности С3.

Внести изменения в СП 451.1325800.2019, СП 452.1325800.2019:

Для зданий I–III степени огнестойкости, классов конструктивной пожарной опасности С3, с применением деревянных строительных конструкций, класс пожарной опасности наружных стен с внешней стороны должен соответствовать К0, а также необходимо выполнить следующие дополнительные мероприятия:

– по всей плоскости наружных стен с внешней стороны материалы облицовки, отделки и теплоизоляции должны быть НГ, Г1. Материалы ветровлагозащитных мембран не должны относиться к группе горючих легковозгораемых материалов по ГОСТ Р 56027;

– предусмотреть дополнительные конструктивные требования пожарной безопасности.

Для зданий с применением деревянных строительных конструкций класс

пожарной опасности наружных стен с внешней стороны должен определяться по ГОСТ 31251 с повышенной пожарной нагрузкой в печи – 70 кг/м².

Перспективные исследования пожарной опасности жилых и общественных зданий из деревянных строительных конструкций: работы будут продолжены в 2023 г.

Рассматривается необходимость дальнейших исследований по разработке предложений для включения в нормативные документы в части обеспечения пожарной безопасности многоэтажных жилых и общественных зданий с применением деревянных конструкций высотой до 28 метров (9 этажей), с частичной конструктивной огнезащитой несущих конструкций, а в перспективе до 36 метров (12 этажей).

Данные работы предполагается выполнять на основе проведенных исследований, а также потребуются дополнительные расчетные и экспериментальные исследования, в частности:

– разработать программы и методики проведения крупномасштабных натуральных испытаний фрагментов зданий (до 3-х этажей) с привлечением ресурсов полигонной базы Оренбургского филиала ФГБУ ВНИИПО МЧС России;

– продолжить серию среднемасштабных и лабораторных исследований строительных конструкций, материалов и средств огнезащиты;

– выполнить серию исследований на основе CFD-моделирования помещений различного назначения и зданий из деревянных строительных конструкций.

НАДЕЖНОСТЬ И ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.04; 613.644

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-102-104>

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ НА УРОВНИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И КОМФОРТНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ В ВЫСОТНЫХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Арутюнян Марат Владимирович (89261118676@mail.ru)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией динамики сооружений
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Арутюнян Арон Маратович (89057254188@mail.ru)

Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории
динамики сооружений
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: здания высотные, уровни вибрации, допустимые уровни вибрации, комфортность пребывания людей, экспериментальное исследование уровней вибрации

Введение

В связи со стремительным развитием высотного строительства в России, актуальным является вопрос обеспечения требований норм согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» по комфортности пребывания людей и обслуживающего персонала по уровням колебаний высотных зданий. На комфортность пребывания людей существенно влияет архитектурное решение высотных зданий.

В подавляющем большинстве случаев максимальные уровни вибрации в высотных зданиях существенно выше допустимых по СанПиН 1.2.3685-21 уровней.

Цель

Целью данного исследования является обозначение проблемы по нарушению требований норм по комфортности пребыва-

ния людей и обслуживающего персонала по уровням колебаний в помещениях высотных зданий и сооружений на примере трех жилых зданий для проектных организаций и заказчиков.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования уровней колебаний, в частности перекрытий последних этажей высотных зданий, показывают превышение полученных экспериментальных максимальных уровней колебаний перекрытий над допустимыми уровнями вибрации по СанПиН 1.2.3685-21. При экспериментальных исследованиях был использован виброизмерительный комплекс по ускорению колебаний. На перекрытиях зданий были проведены 15 записей колебаний продолжительностью 20 минут каждая. Исследования были проведены при скорости ветра примерно 1–2,5 м/с. Максимальные уровни вибрации перекрытий последних этажей зданий

вошли в таблицу максимальных уровней ускорений горизонтальных колебаний перекрытий.

Результаты

Экспериментальные исследования уровней колебаний перекрытий последних этажей высотных зданий показывают превышение полученных экспериментальных максимальных уровней горизонтальных колебаний перекрытий над допустимыми уровнями вибрации по СанПиН, так, например: для здания высотой 87 метров (30 этажей) превышение в полосе 2 Гц составит 2,6 раза, в полосе 4 Гц – 2,1 раза, в полосе 8 Гц – 1,3 раза, для здания высотой 99 метров (34 этажа) в полосе 2 Гц превышение составит 4,2 раза, в полосе 4 Гц – 3,2 раза, в полосе 8 Гц – 1,9 раза, для здания высотой

122 метра (42 этажа) в полосе 2 Гц превышение составит 5,7 раза, в полосе 4 Гц – 4,2 раза, в полосе 8 Гц – 3 раза. В полосах частот 16, 31,5, 63 Гц максимальные уровни вибрации ниже допустимых уровней.

Выводы

1. В подавляющем большинстве случаев требования норм на обязательной основе СанПиН 1.2.3685-21 по комфортности пребывания людей в высотных жилых и общественных зданиях нарушены.

2. Существенное влияние на динамические воздействия и комфортность пребывания людей оказывают архитектурные решения зданий.

3. Высотные здания и сооружения оказывают влияние на окружающую застройку.

THE INFLUENCE OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS ON THE LEVELS OF DYNAMIC IMPACTS AND THE COMFORT OF PEOPLE'S STAY IN HIGH-RISE RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Arutyunyan Marat V. (89261118676@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Structural Dynamics
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Arutyunyan Aron M. (89057254188@mail.ru)

Cand. Sci. (Physical and Mathematical), Senior Researcher of the Laboratory of Structural Dynamics
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: high-rise buildings, vibration levels, permissible vibration levels, comfort of people's stay, experimental study of vibration levels

Introduction

Due to the rapid development of high-rise construction in Russia, the issue of ensuring the requirements of the norms according to sanitary rules and regulations 1.2.3685-21 «Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans» in terms of the comfort of people and service personnel by the levels of fluctuations of

high-rise buildings is relevant. The comfort of people's stay is significantly affected by the architectural solution of high-rise buildings.

In the vast majority of cases, the maximum vibration levels in high-rise buildings are significantly higher than the permissible levels according to sanitary rules and regulations 1.2.3685-21.

Aim

The aim of this study is to identify the

problem of violating the requirements of standards for the comfort of people and service personnel by the levels of fluctuations in the premises of high-rise buildings and structures on the example of three residential buildings, for design organizations and customers.

Materials and methods

Experimental studies of vibration levels, in particular, the ceilings of the last floors of high-rise buildings show that the obtained experimental maximum levels of vibration of the ceilings exceed the permissible vibration levels according to sanitary rules and regulations 1.2.3685-21. In experimental studies, a vibration measuring system for accelerating vibrations was used. 15 recordings of vibrations, lasting 20 minutes each, were made on the floors of buildings. The studies were carried out at a wind speed of about 1–2.5 m/s. The maximum vibration levels of the floors of the last floors of buildings were included in the table of maximum acceleration levels of horizontal vibrations of the floors.

Results

Experimental studies of the levels of vibrations, overlaps of the last floors of high-rise buildings show the excess of the

obtained experimental maximum levels of horizontal vibrations of ceilings over the permissible vibration levels according to the sanitary rules and regulations, for example: for a building with a height of 87 meters (30 floors), the excess in the 2 Hz band will be 2.6 times, in the 4 Hz band – 2.1 times, in the 8 Hz band – 1.3 times; for a building with a height of 99 meters (34 floors) in the 2 Hz band, the excess will be 4.2 times, in the 4 Hz band – 3.2 times, in the 8 Hz band – 1.9 times; for a building with a height of 122 meters (42 floors) in the 2 Hz band, the excess will be 5.7 times, in the 4 Hz band – 4.2 times, in the 8 Hz band – 3 times. In the frequency bands 16, 31.5, 63 Hz, the maximum vibration levels are below acceptable levels.

Conclusions

1. In the vast majority of cases, the requirements of the norms on the mandatory basis of sanitary rules and regulations 1.2.3685-21 on the comfort of people staying in high-rise residential and public buildings are violated.

2. Architectural solutions of buildings have a significant impact on the dynamic effects and comfort of people's stay.

3. High-rise buildings and structures have an impact on the surrounding buildings.

УДК 693.74

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-105-107>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛОВ. НОРМАТИВЫ. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Жиронкин Владислав Владимирович (vladislav.jironkin@mc-bauchemie.ru)

Менеджер по работе с ключевыми проектными сегментами

ООО «Эм-Си Баухемия»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация

Приводятся сведения о подходах к подбору, построению и реализации систем защиты промышленных полов химических и пищевых предприятий путем футеровки керамической плиткой по кислотостойкой клеевой прослойке и полиэтиленовой гидроизоляционной мембране с контактным слоем с учетом параметров их эксплуатационной пригодности.

Ключевые слова: промышленные полы, проектирование промышленных полов, футеровка промышленных полов, керамические плитки, химически-стойкий клей для плитки, гидроизоляционная мембрана с контактным слоем

Введение

Системы покрытий по защите бетона полов промышленных предприятий должны выдерживать проектные нагрузки: химические, механические и температурные. Подходы к выбору систем защиты отражены в ГОСТ 32016-2012 [1] с учетом требований СП 29.13330.2011 [2] по защите бетона оснований под заданные нагрузки. Традиционно для защиты полов от химических воздействий применяют покрытия из керамических плиток. При корректном выборе системы покрытие имеет чрезвычайно высокую стойкость к химическим воздействиям и длительные безремонтные сроки. Минимальные требования к построению подобных систем изложены в СП 71.13330.2017 [3] с учетом совместной работы плитка/клеевая прослойка/затирка. При разработке проектного решения обычно используют опыт реализации/эксплуатации подобных систем с оценкой длительности безремонтных сроков эксплуатации.

Наиболее нагруженным переделом перерабатывающих производств являются полы химических и пищевых предприятий, где имеет место воздействия кислотных

и щелочных растворов различной концентрации, резких перепадов температур и механических нагрузок. При воздействии этих нагрузок на незащищенное бетонное основание последнее быстро разрушается и приходит в негодность. Некорректный выбор системы футеровки пола приводит к значительным экономическим потерям, поскольку в условиях действующих производств проведение ремонтов ограничено как по времени, так и по возможности остановки технологических процессов или демонтажа оборудования. При этом упущенная прибыль в результате простоев измеряется миллионами рублей в день.

Для уменьшения числа отказов необходимо нормировать показатели качества материалов, входящих в систему футеровки поверхности пола плиткой. В противном случае любой отказ рассматривается применительно ко всей системе, в результате чего сложно вычленивать причину дефектов. Применение современных материалов для защиты полов и корректное построение систем являются залогом достижения длительных безремонтных сроков эксплуатации. В России, как и во всем мире, постоянно идет развитие технологий, появляются

новые материалы и системы. Не всегда на эти материалы имеются стандарты, регламентирующие их эксплуатационные характеристики. Поэтому все большее значение будет приобретать экспертиза и опыт реализации проектов для достижения параметров надежности с учетом экономического и технического эффектов.

Цель работы

Целью работы является описание подходов к подбору, построению и реализации систем защиты промышленных полов химических и пищевых предприятий на примере футеровки плиткой по кислотостойкой клеевой прослойке и полиэтиленовой гидроизоляционной мембране с контактным слоем с учетом параметров применяемых материалов.

Материалы и методы

Построение системы футеровки промышленных предприятий начинается с подготовки бетонного основания. Основание должно быть ровным, в этом случае мы можем обеспечить опору плитки на всю площадь, что обеспечивает оптимальные условия для восприятия изгибающих нагрузок и стойкости к удару. Зазор под двухметровой рейкой должен составлять не более 2 мм. Влажность должна составлять не более 3 %, чтобы исключить осмотический эффект. Прочность основания должна быть достаточной для обеспечения требуемого уровня сцепления с плиткой. Для мокрых условий эксплуатации необходимо предусматривать защиту основания с применением гидроизоляционной прослойки со стороны воздействия мокрой нагрузки. Основа гидроизоляционного материала должна быть стойкой к действующей химической нагрузке и эластичной. Требования к механическим параметрам клеевой прослойки отражены в ГОСТ Р 56387-2018 [4] и для условий эксплуатации полов промышленных предприятий должны соответствовать классу С2. Классификация керамической плитки представлена в ГОСТ 13996-2019 [5] и определяется показателями: водопоглощение не более 3 %, прочность при изгибе

не менее 30 МПа, требования к внешнему виду. Характеристики химической стойкости системы плитка/клей/затирка должны быть подтверждены поставщиком материалов. Например, для оценки стойкости плитки в растворах высокой концентрации применяют [6] раствор соляной 18 % и молочной кислоты 5 %, а также раствор гидроксида калия концентрацией 100 г/дм.

Результаты

Для построения систем футеровки полов плиткой в условиях химической коррозии наиболее универсальными являются материалы на основе полимерных составов, которые отличаются универсальностью применения и высокими физико-химическими показателями. Применение материалов на основе цемента ограничено их низкой химической стойкостью и низкой стойкостью к воздействию микроорганизмов. Альтернативой является применение силикатных замазок, которые нашли применение при эксплуатации при температурах свыше +50 °С или при воздействии концентрированных растворов кислот. Но силикатные замазки неводостойкие и нестойкие к воздействию щелочей. Промежуточное место занимают системы на основе полимерсиликатов, которые обладают достаточной стойкостью в условиях воздействия кислот и щелочей, а также резких перепадов температур.

Для подтверждения заявленных характеристик полимерсиликата нами был реализован тестовый участок на месте растарки химических реагентов. Система состояла из следующих слоев:

- химически стойкая плитка 20 мм;
- полимерная затирка для швов шириной 5 мм;
- клеевая прослойка на основе полимерсиликата класса С2FE толщиной 4 мм;
- гидроизоляционная мембрана с контактным слоем толщиной 0,6 мм в 1 слой;
- полимер-цементный клей для фиксации мембраны толщиной 2–3 мм;
- выравнивающий цементный состав;
- грунтовка для обеспыливания поверхности.

Футеровка была реализована в цехе со

следующими нагрузками:

- наличие слабых растворов щелочей;
- наличие слабых растворов кислот;
- наличие горячей воды с температурой до +60 °С;
- наличие пара с температурой до +100 °С;
- механические и ударные нагрузки в момент установки поддона на площадку для растарки химических компонентов.

Срок реализации системы, с учетом технологических интервалов, составил 2 суток. За период эксплуатации покрытия пола плиткой в течение 5 месяцев нареканий не отмечено. К достоинствам системы можно отнести следующее:

- стойкость к химическим нагрузкам;
- высокая адгезия к плитке как на вертикальных, так и горизонтальных поверхностях;
- технологичность использованных материалов, возможность корректировки положения плитки в процессе укладки и быстрый ввод участка в эксплуатацию.

Выводы

На выбор решения по построению системы защиты полов значимую роль играет достижение требований по защите бетонного основания с учетом физических и химических нагрузок. На рынке представлен широкий перечень материалов, с помощью которых может быть реализована система защиты с применением керамической плитки. Из новых перспективных мате-

риалов можно выделить клеевые составы на основе полимерсиликата с нормированными эксплуатационными показателями согласно ГОСТ Р 56387-2018 [4]. Перспективно применение данных материалов для условий воздействия концентрированных растворов кислот и щелочей, для этого необходимо оценить стойкость материала согласно ГОСТ 473.1-81 [7] и ГОСТ 473.2-81 [8].

Список литературы

1. ГОСТ 32016-2012. Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования. 2014.
2. СП 29.13330.2011. Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 (с Изменением N 1). 2011.
3. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 (с Изменением N 1). 2017.
4. ГОСТ Р 56387-2018. Смеси сухие строительные клеевые на цементном вяжущем. Технические условия. 2019.
5. ГОСТ 13996-2019. Плитки керамические. Общие технические условия. 2020.
6. ГОСТ 27180-2019. Плитки керамические. Методы испытаний. 2020.
7. ГОСТ 473.1-81. Изделия химически стойкие и термостойкие керамические. Метод определения кислотостойкости. 1982.
8. ГОСТ 473.2-81. Изделия химически стойкие и термостойкие керамические. Метод определения щелочестойкости. 1982.



УДК 699.8

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-108>

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВЗРЫВНЫХ НАГРУЗОК НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Кириллов Игорь Александрович (kirillov_2003@mail.ru)

Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: строительные конструкции, взрывобезопасность, нагрузки, взрывные и ударные волны, методики, экспериментальные данные

В настоящее время назрела необходимость как в уточнении экспериментальной базы, так и в усовершенствовании расчетных инструментов (аналитических методик, компьютерных кодов) для реалистичной и точной оценки взрывных нагрузок на здания и сооружения в промышленности, в атомной и атомно-водородной

энергетике, в гражданском строительстве. В докладе проведен краткий обзор аварий и инцидентов с участием взрывных нагрузок, сформулированы наиболее острые вопросы для теоретического, практического и нормативного обеспечения взрывобезопасности зданий и сооружений.

ASSESSMENT OF BLAST LOADS ON BUILDING AND STRUCTURES: MODERN PROBLEMS

Kirillov Igor A. (kirillov_2003@mail.ru)

Cand. Sci. (Physical and Mathematical), Senior Researcher

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Keywords: building structures, explosion safety, loads, blast and shock waves, assessment methods, experimental data

At present, there is a need both to refine the experimental base and to improve the calculation tools (analytical methods, computer codes) for a realistic and accurate assessment of explosive loads on buildings and structures in industry, in nuclear and nuclear-hydrogen energy,

in civil engineering. The report provides a brief overview of accidents and incidents involving explosive loads and formulates the most pressing issues for the theoretical, engineering and regulatory assurance of explosion safety of buildings and structures.

УДК 624.042.1

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-109-110>

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СООРУЖЕНИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ НОРМАТИВНЫХ БАЗАХ

Лебедева Ирина Владимировна (ilebedeva61@gmail.com)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией надежности сооружений
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Петрова Татьяна Александровна (petrovata@cstroy.ru)

Эксперт научно-технической продукции, департамент научно-методической
деятельности
АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: надежность, безопасность, строительная конструкция, Международная организация по стандартизации (ИСО), нагрузка, воздействие, особые воздействия, индекс надежности, риск-информированный подход

Введение

Надежность сооружений – общее понятие, обозначающее способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации. Оно включает модели для описания нагрузок и воздействий, оценки физико-механических свойств материалов, правила проектирования, процедуры контроля качества, мониторинг технического состояния и другие вопросы. К проблемам надежности относятся обеспечение прочности, устойчивости, выносливости, долговечности строительных конструкций, допустимых уровней колебаний, критерии обеспечения пригодности к нормальной эксплуатации сооружений, а также обеспечение контроля за соблюдением требований норм. В последние годы все большее внимание уделяется снижению экономических рисков (в отношении отказа или неисправности объекта), оценке живучести в течение расчетного срока службы сооружения, а также проблемам экологической безопасности, энергетической эффективности и т. д.

Цель

Сопоставление и анализ традиционных и современных подходов к оценке надежности в отечественной и зарубежной нормативных базах.

Материалы и методы

Рассматриваются общие принципы обеспечения надежности зданий и сооружений в отечественной нормативной базе, приводится их анализ в сравнении с современными подходами к обеспечению надежности в международных и зарубежных нормативных документах. Рассмотрены новые подходы и основные требования, приведенные в Изменении № 1 ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения», в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», в СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» и других отечественных нормативных документах.

Представлены предложения, внесенные нашими экспертами ГОСТ Р и принятые при разработке международных стандартов ИСО 8930:2021 «Общие принципы надежности строительных конструкций – Глоссарий», ИСО 13824:2020 «Основы рас-

чета строительных конструкций – Общие принципы оценки риска систем, включающих строительные конструкции».

Рассмотрены современные подходы к оценке надежности, представленные в Еврокоде 1990:2002 «Основы расчета строительных конструкций» и международном стандарте ИСО 2394:2015, основанные на прямой вероятностной оценке надежности, риск-информированных подходах и полувариантных методах частных коэффициентов надежности, а также реализованные в других зарубежных стандартах.

Результаты

Выполнен анализ современных отечественных, международных и зарубежных нормативных документов, сформулированы перспективные подходы и направления в оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений.

Выводы

Уровень надежности и безопасности сооружений отражает уровень развития общества в целом, и нормы проектирования в нашей стране должны неуклонно совершенствоваться с учетом отечественного и мирового опыта.

THE BASIC PRINCIPLES OF ENSURING THE RELIABILITY OF STRUCTURES IN THE NATIONAL AND FOREIGN BUILDING CODES

Lebedeva Irina V. (ilebedeva61@gmail.com)

Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Structural Reliability
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Petrova Tatiana A. (petrovata@cstroy.ru)

Expert of Scientific and Technical Products, Department of Scientific and Methodological Activities
JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: reliability, safety, building structure, International Organization for Standardization (ISO), load, action, accidental actions, reliability index, risk-informed approach

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ГЕОТЕХНИКЕ

УДК 624.131.53

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-111>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ НЕСВЯЗАННОГО ГРУНТА НА ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Брыксин Виталий Владимирович (geo.pgs@mail.ru)

Старший научный сотрудник лаборатории методов расчета подземных сооружений и геотехнического прогноза

НИИОСП им. Н.М. Герсееванова АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: активное давление грунта, гибкие подпорные стенки, теоретический анализ, численное моделирование, экспериментальный анализ

Объектом исследования являются закономерности распределения активного давления несвязанного грунта на гибкие подпорные конструкции в зависимости от их деформаций. Цель исследований – получение расчетных методик определения активного давления грунта на подпорные конструкции, позволяющих проектировать ограждения котлованов более экономичными за счет учета концентрации активного давления на участках крепления подпорных стен, что приведет к снижению величин изгибающих моментов в конструкциях; разработка рекомендаций по расчету гибких подпорных конструкций и

внесение рекомендаций для определения коэффициентов активного давления грунта, регламентированных нормативными документами РФ. Приводятся результаты экспериментальных, численных и теоретических исследований, на основании которых предлагается идея инженерного численного метода расчета ограждающих конструкций котлованов, позволяющего с использованием теории предельного равновесия определять величины бокового давления грунта на конструкцию в зависимости от характера ее деформаций с учетом особенностей распределения давлений в пределах призмы обрушения.

INVESTIGATION OF THE LAW OF DISTRIBUTION OF ACTIVE PRESSURE OF NON-COHESIVE SOIL ON RETAINING STRUCTURES OF FOUNDATION PITS DEPENDING ON THEIR DEFORMATIONS

Bryksin Vitaly V. (geo.pgs@mail.ru)

Senior Researcher, Laboratory of Methods for Calculating Underground Structures and Geotechnical Forecasting

NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Keywords: active earth pressure, flexible retaining walls, numerical modelling, theoretical analysis, experimental analysis

УДК 624.137.4

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-112-113>

ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ КОТЛОВАНОВ: ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Исаев Антон Вячеславович (isaevav98@yandex.ru)

Аспирант, инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Зерцалов Михаил Григорьевич

Доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: стена в грунте, прогрессирующее разрушение, частичное обрушение, распорная система, особое сочетание нагрузок

В докладе рассматривается прогрессирующее разрушение котлованов: описываются наиболее показательные случаи в Сингапуре, Чехии и Китае, представлены текущие методики по расчету надземных сооружений против прогрессирующего обрушения. Приведены результаты проведенных серий опытов численного моделирования.

В первой серии опытов исследовалась зависимость максимального усилия в распорках от модуля деформации грунта, глубины котлована, соотношения сторон котлована и соотношения глубины подпорной стены к глубине котлована. Выявлена зависимость между модулем деформации, глубиной котлована и соотношением сторон котлована. При большом соотношении ширины к длине котлована образуется ядро, в котором располагаются наиболее нагруженные распорки, поскольку в данном ядре достоверна задача плоской деформации.

Во второй серии опытов рассмотрен выход из строя одного распорного элемента последнего и предпоследнего ярусов в котловане глубиной 25 метров. Выявлено, что, в отличие от задачи плоской постановки, проседания от выхода из строя одной распорки практически не влияют на осадку дневной поверхности грунта возле котлована. Показано, что исключение элемента крепления ограждающей конструкции вызывает перераспределение усилий между соседними распорками. При уменьшении модуля деформации грунта глубина заделки стены в грунте влияет на разгрузку элементов верхних ярусов. Усилия в соседних от отключаемого элемента распорках увеличивается не более чем на 56 %.

Предлагается разработка методики для предпроектного расчета ограждений котлована против прогрессирующего обрушения. Данную методику можно будет применять для сооружений котлована в условиях плотной городской застройки.

PROGRESSIVE COLLAPSE OF EXCAVATIONS: CAUSES AND PREVENTION METHODS

Isaev Anton V. (isaevav98@yandex.ru)

Graduate Student, Engineer
JSC TSNIIPromzdaniy
Moscow, Russian Federation

Zertsalov Mikhail G.

Dr. Sci. (Engineering), Professor
National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

Keywords: diaphragm wall, progressive collapse, partial collapse, strut system, special load combination

УДК 624.131

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-114>

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОНТЕКСТЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Колыбин Игорь Вячеславович (kolybin@eccrf.ru)

Кандидат технических наук, главный специалист

НИИОСП им. Н.М. Герсванова АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Развитие строительных норм в области геотехники невозможно без экспериментальных исследований, создающих основу для теоретических научных продвижений. Важную роль играет численное моделирование, во многих случаях заменяющее физический эксперимент. Исследования, позволяющие получать более достоверные

исходные данные для численных расчетов, комплексировать результаты физических и численных экспериментов, верифицировать полученные результаты, находятся в фокусе презентации. Обсуждаются проблемные вопросы проектирования, требующие дополнительного отражения в строительных нормах.

УДК 699.8

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-115-116>

СОХРАНЕНИЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ПРИ РАЗВИТИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРАКТИВНОГО МОНИТОРИНГА В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Мангушев Р.А. (ramangushev@yandex.ru)

Доктор технических наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Осокин Анатолий Иванович (geostroy-osokin@mail.ru)

Кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Дьяконов И.П. (idjkanv@yandex.ru)

Кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Башмаков И.Б. (179bib@gmail.com)

Инженер

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Развитие исторических городов закономерно состоит в развитии подземного пространства. Рассмотрим вариант создания преимущественно пешеходных улиц, при этом транспортную инфраструктуру развивать под существующими дорогами, каналами, зданиями. На примере города с большой мощностью слабых грунтов и повсеместной существующей застройкой в статусе объектов культурного значения геотехническое строительство сопряжено с изучением не только сложных грунтов, но также конструкций дворцов и монастырей, построенных сотни лет назад. В этих условиях за последние 10 лет был накоплен и проанализирован опыт применения раз-

личных технологий по устройству свай, ограждающих конструкций и усилению грунтов основания.

При этом значительные траты бюджета строительства тратились на мероприятия, направленные на обеспечение безопасности исторических зданий. Законы строительства в таких районах требуют практическое отсутствие воздействия от нового строительства. Так, дополнительная осадка не должна превышать 0,5 см. На слабых тиксотропных глинистых грунтах любые строительные работы приводят к риску разрушения существующего здания. Анализ исследований сотрудников кафедры геотехники СПбГАСУ этого вопроса

показывает, что технологическое влияние, например устройство шпунтового ограждения методом статического погружения, может привести к дополнительным деформациям, которые многократно превышают допустимые значения.

В этой связи усиливается роль мониторинга поведения объекта охраны и инструмента оперативного контроля его конструкций. При этом роль изысканий грунта и конструкций объекта культурного наследия становится приоритетной, определяющей принципы моделирования и реализации строительства. Повышение качества в оценке рисков на стадии разработки проекта обеспечивается также за счет усовершенствований методов контроля за пространственными деформациями здания и его частей. Традиционные системы мониторинга контролируют лишь определенные точки на объекте. При этом увеличение количества точек приведет к удорожанию геодезических работ. Применение систем сканирования для получения облака точек, а также цифрового двойника объекта может быть полезным инструментом, позволяющим представить полную картину деформирования, в том числе наличие дефектов и трещин в конструкции. Кроме того, здание исторической застройки требует индивидуального подхода как в проектировании, так и в мониторинге. Использование систем лазерного сканирования во взаимодействии со сканирующими дронами и традиционными методами по оценке перемещений и усилий в конструкции позволяет учесть

все детали уникального объекта при контроле его безопасности.

Сопоставимые возможности по моделированию и мониторингу объекта позволяют оперативно контролировать систему «напряжения – деформации». Кроме того, пространственный мониторинг с применением лазерного сканирования обеспечивает анализ воздействия строительства на объекты культурного наследия, а накопление подобного опыта позволяет разрабатывать модели материалов несущих конструкций и верифицировать метод их моделирования по результатам сопоставления с фактическими деформациями. Чтобы сканирование в системе мониторинга удовлетворяло требованиям к точности измерений, потребовалось разработать методику выполнения съемки, включающую в себя новые типы геодезических знаков (сферические призмы), применение беспилотных летательных аппаратов для построения дополнительного облака точек, а также методику обработки облака точек. Перспективы использования высокоточного пространственного мониторинга памятников архитектуры позволяют говорить о введении нового инструмента контроля состояния и анализа рисков исторического наследия. Данные о внедрении описываемых исследований подтверждены успешной реализацией строительства подземного пространства на слабых грунтах в исторических районах города Санкт-Петербурга.

УДК 624

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-117>

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ В РАСЧЕТАХ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Скориков Андрей Викторович (andr-stab@mail.ru)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией методов расчета подземных сооружений и геотехнического прогноза № 7

НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

В докладе рассматриваются вопросы оценки надежности решений, получаемых с помощью численного моделирования, в зависимости от чувствительности модели, характеризующей поведение математической модели от вариаций входных параметров. Предложены критерии чувствительности геотехнической модели.

Представлены методики оценки надежности результатов расчета с применением детерминированных расчетов и методов математической статистики.

УДК 624.131

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-118-119>

АКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ СТАНДАРТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Труфанов Александр Николаевич (trufanov54@gmail.com)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией методов исследований грунтов НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ростовцев Александр Васильевич (7201749@gmail.com)

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории методов исследований грунтов НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: стандарт, методы испытаний грунтов, трехосные испытания, компрессионные испытания, консолидационные испытания, штамповые испытания, скальные грунты, крупнообломочные грунты, многостадийное нагружение, восстановление фазового состава

В докладе рассмотрены новые стандарты, подготовленные лабораторией методов исследований грунтов НИИОСП им. Н.М. Герсевича в период с 2020 года по настоящее время, а также планы по будущим разработкам.

В этот период с 2020 по 2022 г. лабораторией были разработаны пять новых национальных стандартов, два из которых связаны с новой серией стандартов по испытаниям скальных грунтов.

ГОСТ Р «Грунты. Метод определения предела прочности на одноосное сжатие скальных грунтов плоскими плитами» является первым стандартом этой серии. При разработке данного стандарта учтены требования действующих нормативных документов в области строительства. Терминология, условные обозначения и основные понятия увязаны с требованиями нормативной базы строительной отрасли.

Вторым стандартом серии скальных грунтов стал ГОСТ Р 12248.13 «Грунты. Определение характеристик прочности скальных грунтов методом трехосного сжатия». Данный вид испытаний позволяет получать характеристики скальных грунтов, необходимые для выполнения расче-

тов оснований численными методами в современных программных комплексах PLAXIS, MIDAS и др. Стандарт предусматривает проведение трехосных испытаний скальных грунтов. Особенностью данного стандарта является включение в него методики многостадийного нагружения, обеспечивающей получение прочностных характеристик по результатам испытания одного образца.

Новый ГОСТ Р 59937-2021 «Грунты. Метод лабораторного определения характеристик прочности кольцевым срезом» предназначен для оценки прочности грунтов со сформировавшимися поверхностями скольжения. Данный вид испытаний обеспечивает возможность определения характеристик остаточной прочности грунта при сохранении площади скольжения при неограниченных перемещениях в плоскости сдвига. Результаты таких испытаний актуальны при расчетах оползневых процессов.

ГОСТ Р «Грунты. Определение характеристик прочности методом простого сдвига» был разработан для более полного учета структурной неоднородности грунтов. Принципиальным отличием стандар-

та от широко применяемого в Российской Федерации метода одноплоскостного среза является то, что срез проводится не по заданной плоскости, а сразу по нескольким плоскостям, что создает условия для разрушения образца по плоскостям с минимальным сопротивлением грунта сдвигу.

Еще один стандарт ГОСТ Р «Грунты. Методы полевого определения плотности крупнообломочных грунтов» посвящен определению физико-механических характеристик крупнообломочных грунтов. К сожалению, в настоящее время очень слабо развита как приборная, так и нормативно-методическая базы по оценке свойств крупнообломочных грунтов, особенно с размером обломков свыше 60 мм. В то же время необходимость строительства на таких грунтах возрастает с каждым годом.

В ближайших планах лаборатории – разработка новых стандартов по компрессионным и консолидационным испытаниям грунтов с предварительным восстановлением фазового состава. Как показали последние экспериментальные исследования, даже относительно небольшое количество выделившегося в результате пробоотбора газа способно существенно повлиять на процессы консолидации и деформирования образцов. В новых стандартах на компрессионные и консолидационные испытания будет предложен способ восстановления природного фазо-

вого состава образцов перед испытаниями, что позволит исключить влияние газовой фазы и повысит достоверность получаемых результатов.

По многочисленным обращениям изыскателей в планы лаборатории также вошла разработка ГОСТа на испытания грунтов микрокрыльчаткой для оперативного определения сопротивления недренированному сдвигу грунтов. Данный метод широко и успешно используется в практике изысканий, в частности, при изысканиях на шельфе, но до сих пор не имеет своего нормативного обеспечения.

В планах лаборатории также разработка метода штамповых испытаний крупнообломочных грунтов в скважине с использованием быстротвердеющих материалов на контакте штампа с грунтом. Для этого лабораторией были выполнены экспериментальные исследования по созданию контактного слоя на границе с подошвой штампа из композитных быстротвердеющих материалов. Была отработана новая методика проведения штамповых испытаний в скважинах на глубинах до 40 м. Как показали результаты исследований, метод позволяет значительно повысить достоверность определения деформационных характеристик крупнообломочных грунтов за счет исключения влияния неровностей грунта под поверхностью штампа.

CURRENT CHANGES IN THE FIELD OF INTERSTATE AND NATIONAL STANDARDS FOR DETERMINING THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOILS

Trufanov Alexander N. (trufanov54@gmail.com)

Cand. Sci. (Engineering), Head of Laboratory, Laboratory of Methods of Soil Research NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Rostovtsev Alexander V. (7201749@gmail.com)

Cand. Sci. (Engineering), Leading researcher of Laboratory, Laboratory of Methods of Soil Research
NIIOSP named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: standard, methods of soil testing, triaxial tests, compression tests, consolidation tests, stamp tests rock soils, large-block soils, multi-stage loading, restoration of phase composition

УДК 629.78.001.5:523.3

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-120-121>

УСЛОВИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

Флоренский Владислав Михайлович (florensky1986@gmail.com)

Студент 3 курса

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Черкасова Людмила Игоревна (cherkasova@bk.ru)

Кандидат технических наук, доцент кафедры МГиГ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: реголит, беспилотные станции, лунные базы, исследования поверхности

Естественный спутник Земли интересовал ученых начиная с XVII столетия. Во второй половине XX века соперничество США и СССР в области космологии ускорило исследование грунтов и рельефов Луны. Результаты проведенных исследований в области грунтоведения Луны стали отправной точкой для постановки современных задач технической мелиорации Луны – возведения лунных баз, прокладывания дорог и других сооружений. Но и спустя более полувека вопрос о возможности строительства на лунной поверхности остается открытым.

Советская автоматическая станция АЛС «Луна-9» в 1966 г. практически доказала возможность мягкой посадки и проведения прямых испытаний грунтов поверхностного слоя Луны. В том же году АЛС «Луна-13» доставил на Луну первые приборы для определения прочности и плотности поверхностного слоя. Исследования реголита выполнялись группой ученых под руководством академика А.П. Виноградова, одновременно другая группа ученых под руководством чл.-корр. АН СССР Г.Н. Бабакина занималась созданием лунных станций, обеспечивающих отбор образцов и доставку их на Землю. В из-

учении механических свойств реголита также приняли участие ученые НИИОСП им. Н.М. Герсевича. Для приемки и расфасовки образцов, доставленных на Землю, для разнообразных научных исследований в Институте геохимии АН СССР были созданы уникальные по своему назначению установки: приемная камера и энергетический блок. Советские аппараты доставили на Землю около 400 г реголита. Однако эти исследования, проведенные беспилотными станциями, помогли решить практическую задачу проектирования самоходных шасси автоматических аппаратов «Луноход-1» и «Луноход-2» и приборов для полевых испытаний непосредственно на Луне.

В январе 2004 года официально запущена китайская программа исследования Луны, названная «Чанъэ».

Амбициозный лунный проект включает три этапа: беспилотные исследования Луны на современном уровне, отправка людей на Луну и создание базы на Луне. Первый автоматический спутник получил название «Чанъэ-1».

Рассматриваются актуальные предложения и технологии по строительству. Предложения по созданию конструкций

на Луне можно структурировать следующим образом:

- создание надувных конструкций;
- создание насыпных конструкций в виде «мешков» с реголитом;
- синтез из реголита строительных изделий методом технологии самораспро-

страняющегося высокотемпературного синтеза (СВС);

- создание конструкций методом мобильного 3D-принтера, в которых используется лунная пыль (реголит);
- выборочное лазерное спекание.

CONDITIONS AND PROSPECTS OF CONSTRUCTION ON THE SURFACE OF THE MOON

Florensky Vladislav M. (florensky1986@gmail.com)

3rd year student

National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

Cherkasova Lyudmila I. (cherkasova@bk.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor Moscow State Construction University
National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 65.011.56; 006.02

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-122-124>

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ РЕДАКЦИИ СП 16.13330.2017

Туснин Александр Романович (tusninar@mgsu.ru)

Доктор технических наук, профессор, директор ИПГС, заведующий кафедрой «Металлические и деревянные конструкции»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Москва, Российская Федерация

Бергер Мария Петровна (bergermp@mgsu.ru)

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлические и деревянные конструкции»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Москва, Российская Федерация

Цифровая трансформация проектирования предусматривает использование цифровых инструментов на всех этапах разработки проекта здания или сооружения. Цифровое моделирование объектов предполагает использование информационных технологий при выделении инвестиций, проведении инженерных изысканий, построении пространственной модели сооружения, определении нагрузок и воздействий, расчете конструкций, выполнении чертежей, экспертизе проекта, изготовлении конструкций, возведении объекта, вводе его в эксплуатацию, в процессе эксплуатации и утилизации сооружения. На всех этапах жизненного цикла здания и сооружения необходимо обеспечить полное соответствие принятых объемно-планировочных и конструктивных решений, экономических, экологических, эксплуатационных требований действующим строительным нормам.

В настоящее время проверка соответствия стальных конструкций нормативным требованиям осуществляется с использо-

ванием СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [1]. Эксперт сверяет проектные решения с положениями СП, в необходимых случаях выполняет проверочные расчеты, делает вывод о соответствии конструкции требованиям или необходимости ее доработки. Все эти проверочные процедуры можно выполнить вручную или с использованием сервисных программ, позволяющих реализовать нормативные методики расчета. Для автоматизации проверочных расчетов в некоторые конечно-элементные программы встроены модули, позволяющие проверить прочность, устойчивость и жесткость стальных конструкций. Эти модули производители вычислительных комплексов разрабатывают самостоятельно и предлагают потребителю в качестве инструмента, результатам работы которого пользователь должен доверять и надеяться, что выданные комплексу верификационные документы действительно отражают его соответствие нормам.

Переход на использование информационных моделей строительных объектов

предполагает, что и проверка соответствия стальной конструкции строительным нормам должна выполняться с использованием цифровых инструментов – цифровой редакции действующего свода правил по стальным конструкциям. Цифровая редакция должна обеспечить проверку всех требований, предъявляемых к конструкции. При этом цифровая редакция свода правил должна быть юридически эквивалентна «бумажной» версии СП 16.13330.2017 [1].

Основные требования к цифровой редакции СП 16.13330.2017 [1]:

1. Формирование цифрового СП ведется при непосредственном участии разработчика норм. На этом этапе следует внести необходимые изменения в текст, обусловленные совершенствованием норм, а также исправить все выявленные недоработки, несовершенства, плохо или неясно сформулированные положения норм. Необходимо уточнить структуру СП для упрощения формирования цифровой редакции.

2. Цифровой СП должен иметь содержание и структуру, совпадающие с бумажной версией СП.

3. Стандартная структура исходных данных, которая может варьироваться при доработке СП или изменении методики формирования информационной модели здания. При обращении к цифровому СП задаются:

- Материалы для конструкций и соединений (р. 5).

- Расчетные характеристики материалов и соединений (р. 6).

- Задаются или определяются геометрические характеристики, расчетные длины (за исключением определяемых по нормам), координаты, усилия, стали (в этом случае расчетные сопротивления выбираются из приложений СП), возможно задание расчетных сопротивлений вручную.

4. Цифровой СП должен обеспечить работу в следующих режимах:

- автономно по заданным вручную пользователем данным;

- совместно с вычислительными ком-

плексами, реализующими метод конечных элементов;

- в составе экспертных систем, взаимодействующих с информационной моделью здания или сооружения.

5. Цифровой СП рационально выполнять в виде набора модулей, объединенных в систему управляющим модулем. Модули должны соответствовать содержанию разделов бумажного СП. Следует предусмотреть стандартную структуру входных и выходных данных модулей, что позволит упорядочить обращение к модулям при работе цифрового СП.

6. Управляющий модуль используется для:

- ввода исходных данных;

- проверки их соответствия общим положениям;

- выбора стали, материалов соединений;

- назначения прочностных параметров стали и материалов соединений;

- проверки расчетных длин;

- соблюдения требований по расстановке связей;

- управления работой справочных и расчетных модулей.

7. Управляющий модуль может не только получать геометрические характеристики сечений от пользователей, вычислительных комплексов или информационных моделей здания или сооружения, но и определять их с использованием встроенных в него справочно-вычислительных функций. Возможность определения геометрических характеристик и использования встроенных справочных материалов, формально не входящих в состав СП, расширяет область применения цифрового СП. Все дополнительные вычислительные функции и справочные материалы, включенные в цифровой СП, должны быть сертифицированы и допущены к использованию наравне с нормативными положениями документа.

8. Необходимо предусмотреть возможность изменения или замены любого модуля безболезненно для работы системы. Замена или изменение модуля требуется при появлении новой редакции СП.

9. С целью повышения точности и достоверности расчетов модули цифрового СП могут реализовывать не только методики, реализованные в нормах, но и более сложные, в том числе численные и конечно-элементные методики, использование которых «вручную» невозможно.

10. Цифровой СП должен проверять соответствие проектной документации как качественным, так и количественным требованиям норм. Необходимо предусмотреть не только проверку проектных решений, но и возможность выдачи нормативных качественных и количественных рекомендаций при проектировании конструкций.

11. При формировании цифрового СП следует особое внимание уделить реализации доступа к нему сторонним программам, вычислительным комплексам, проектирующим системам. Необходимо согласовать структуру входных данных, передаваемых в цифровой СП. Состав и структура результатов применения цифрового СП должны быть описаны и представлены для свободного открытого использования сторонними разработчиками строительного программного обеспечения. С учетом того, что в процессе расчета и проектирования стальных конструкций к нормативным проверкам приходится обращаться много раз (большое число элементов в конструкции, множество сочетаний усилий), цифровой СП должен обеспечить цикличное включение в нормативную оценку конструкции. Так, для любого стержня нормативная оценка выполняется для всех возможных сочетаний усилий в виде нескольких повторяющихся циклов.

На основании вышеизложенных требований к формированию цифровой редакции СП 16.13330.2017 [1] можно сформулировать следующие выводы:

1. Перед началом разработки цифровой редакции СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [1] необходимо внести корректировки в допускающие двоякое толкование пункты текущей версии.

2. Для облегчения формирования цифровой редакции требуется оптимизация структуры и содержания существующей редакции.

3. С целью повышения точности и достоверности расчетов модули цифровой редакции СП 16.13330.2017 [1] могут реализовывать более сложные методики, в том числе численные и конечно-элементные, использование которых при расчетах «вручную» невозможно.

4. Использование цифровой редакции СП 16.13330.2017 [1] позволит:

- свести к минимуму риск человеческой ошибки при выполнении расчетов конструкций;

- повысить точность и производительность работ;

- обеспечить взаимодействие с вычислительными комплексами;

- позволит осуществлять проверки информационных моделей зданий и сооружений.

Список литературы

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. 2017.

2. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования. 2017.

3. Ведяков И.И., Гукова М.И., Фарфель М.И. Изменения № 3 к нормам на расчет и проектирование стальных конструкций (СП 16.13330.2017) // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2022. № 2(301). С. 46–59. DOI: 10.37538/0039-2383.2022.2.46.59

СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОНЫ

УДК 666.972.55

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-125-129>

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛЫ ТЭС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ И СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА

Бедарев Владимир Васильевич (ooo-rigul@mail.ru)

Кандидат технических наук, заместитель директора

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Никита Владимирович (nikita_bedarev@mail.ru)

Инженер

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Андрей Владимирович (bedarevav@gmail.com)

Инженер

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Аннотация

Представлены результаты экспериментальных исследований по применению золы-уноса ТЭС для получения высокопрочных бетонов или замещения части цемента в составе бетонной смеси золой ТЭС. Результаты экспериментальных исследований показывают высокую эффективность разработанного на основе золы-уноса ТЭС полифункционального комплекса АПБ (зола-уноса+) при получении бетонов высоких классов и возможности замещения значительной части цемента в составе бетонной смеси. Для получения бетонов повышенной прочности количество АПБ (зола-уноса+), дополнительно вводимой в состав бетонной смеси, составляет от 5 до 100 % от массы цемента. При этом может быть достигнуто увеличение прочности бетона в 2–2,3 раза, в сравнении с прочностью бетона базового состава. Замещение части цемента в составе бетонной смеси полифункциональным комплексом АПБ (зола-уноса+) в количестве от 5 до 80 % позволяет сохранить прочность бетона на уровне прочности бетона базового состава. Показана возможность утилизации практически неограниченных объемов отходов сжигания углей и снижения расхода цемента в бетонных смесях. При этом снижается антропогенное воздействие на биосферу и величина углеродного следа как при производстве тепловой и электрической энергии, так и при производстве цемента.

Ключевые слова: зола-уноса, прочность бетона, бетонная смесь, углеродный след

Применение золы-уноса, получаемой при сжигании каменных углей на ТЭС, в тяжелых бетонах распространено достаточно широко как в сухом виде [1–3] в количествах 30–44 % от массы цемента, так и в качестве минеральной добавки при

производстве различных модификаторов бетона, оптимальная дозировка которых зависит от требований к бетонам и обычно находится в диапазоне 8–12 % от массы цемента [4].

Разработка активной минеральной до-

бавки (полифункциональный комплекс АПБ (зола-уноса+) на основе золы-уноса ТЭС и исследование влияния количества АПБ (зола-уноса+) в составе смеси на прочность бетона при естественном твердении проводились на экспериментальных образцах следующего состава:

1. Портландцемент (ГОСТ 31108-2016) со шлаком ЦЕМ II/A-III 32,5Б – 1 в. ч.
2. Песок мытый фракции 0–5 мм – ООО «Абагурский карьер» – 3 в. ч.
3. Добавка АПБ (зола-уноса+) – в % от массы цемента.
4. Вода.

Экспериментальные исследования проводились в двух направлениях:

– исследовалось влияние на прочность бетона при введении в базовый состав дополнительно АПБ (зола-уноса+) в количестве от 10 до 100 % от массы цемента. В каждом последующем составе бетона количество АПБ (зола-уноса+) увеличивалось на 10 % по сравнению с предыдущим;

– исследовалось влияние на прочность бетона при замещении части цемента в базовом составе АПБ (зола-уноса+) в количестве от 10 до 100 % от массы цемента. В каждом последующем составе бетона количество цемента снижалось на 10 %, а количество АПБ (зола-уноса+) увеличивалось на 10 % по сравнению с предыдущим.

АПБ (зола-уноса+) вводился в бетонную смесь в сухом состоянии с последующим

перемешиванием. Сухая бетонная смесь перемешивалась вручную до однородного состояния.

При приготовлении бетонной смеси введение воды затворения осуществлялось частями, с перемешиванием бетонной смеси после каждого этапа до однородного состояния.

В качестве экспериментальных образцов использовались образцы-балочки размером $4 \times 4 \times 16$ см для определения прочности при изгибе и сжатии и контрольные образцы-кубы размером $7 \times 7 \times 7$ см.

Уплотнение бетонной смеси в формах при изготовлении образцов-балочек и образцов-кубов осуществлялось на вибростоле.

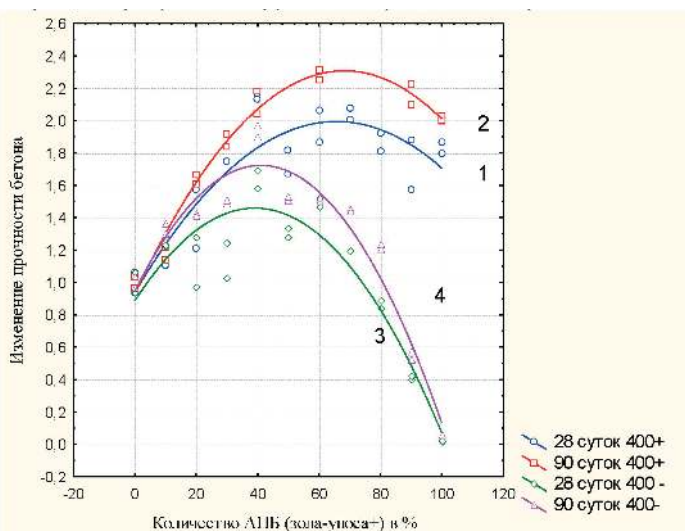
Твердение образцов происходило при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 28 и 90 суток со дня изготовления.

Зависимости 1 и 2 иллюстрируют изменение прочности бетона при увеличении количества АПБ (зола-уноса+) в процентах, вводимого дополнительно к массе цемента базового состава бетона в возрасте 28 и 90 суток соответственно.

Увеличение количества АПБ (зола-уноса+) в бетонной смеси от 10 до 60 % от массы цемента приводит к пропорциональному увеличению прочности бетона при сжатии.

Так, максимальная прочность бетона в возрасте 28 суток, в сравнении с прочно-

Рис. 1. Изменение прочности бетона относительно прочности бетона базового состава в зависимости от количества АПБ (зола-уноса+) в % от массы цемента



стью бетона базового состава, достигнута при дополнительном введении в бетонную смесь АПБ (зола-уноса+) в количестве 60 % от массы цемента. Прочность бетона при этом в 2 раза превышает прочность бетона базового состава (зависимость 1).

Увеличение количества АПБ (зола-уноса+) в бетонной смеси от 70 до 100 % от массы цемента дает некоторое снижение прочности бетона при сжатии, однако при этом прочность бетона превышает прочность бетона базового состава в 1,7 раза.

Максимальное, в 2,3 раза, по сравнению с прочностью бетона базового состава, увеличение прочности бетона при сжатии получено при количестве АПБ (зола-уноса+) в бетонной смеси в пределах 60 % от массы цемента. Указанная прочность бетона получена при испытании образцов бетона в возрасте 90 суток.

Дополнительное введение в бетонную смесь АПБ (зола-уноса+) в количестве от 40 до 100 % от массы цемента базового состава позволяет получить увеличение прочности бетона в возрасте 90 суток в 2 и более раза в сравнении с прочностью на сжатие бетона базового состава (зависимость 2).

Зависимости 3 и 4 иллюстрируют изменение прочности бетона при увеличении количества АПБ (зола-уноса+), вводимого при замещении части цемента в процентах от массы цемента базового состава бетона в возрасте 28 и 90 суток.

Увеличение количества АПБ (зола-уноса+) в бетонной смеси при замещении части цемента от 10 до 40 % приводит к пропорциональному увеличению прочности бетона при сжатии.

Максимальная прочность бетона в возрасте 28 суток, в сравнении с прочностью бетона базового состава, достигнута при замещении в составе бетонной смеси части цемента на АПБ (зола-уноса+) в количестве 40 % от массы цемента. Прочность бетона при этом практически в 1,5 раза превышает прочность бетона базового состава (зависимость 3).

При замещении части цемента базового состава в количестве от 20 до 70 % от массы на АПБ (зола-уноса+) увеличение прочности бетона при сжатии в возрасте 28

суток составляет не менее чем в 1,2 раза, по сравнению с прочностью бетона базового состава.

В возрасте 90 суток при замещении части цемента бетона базового состава на АПБ (зола-уноса+) в количестве 40 % от массы прочность бетона при сжатии в 1,7 раза превышает прочность при сжатии бетона базового состава того же возраста.

При замещении части цемента базового состава в количестве от 20 до 70 % от массы на АПБ (зола-уноса+) увеличение прочности бетона при сжатии в возрасте 90 суток составляет не менее чем в 1,4 раза, по сравнению с прочностью бетона базового состава (зависимость 4).

В целом, при замещении части цемента базового состава в количестве от 10 до 80 % от массы на АПБ (зола-уноса+) прочность бетона при сжатии в возрасте 90 суток составляет не менее прочности бетона базового состава.

Заключение

Полученные результаты показывают высокую эффективность АПБ (зола-уноса+) на основе золы-уноса ТЭС как в целях повышения прочности бетона при сжатии и получения высокопрочных бетонов на основе низкомарочных цементов и стандартных заполнителей, так и в целях экономии цемента при замещении его части на отходы сжигания углей.

Необходимо отметить существенное достоинство разработанного АПБ (зола-уноса+) на основе золы-уноса ТЭС, позволяющего получать высокопрочные бетоны при изменении массы вводимого в бетонную смесь АПБ (зола-уноса+) в широком диапазоне – практически от 10 до 100 % от массы цемента базового состава.

Количество замещаемого в составе бетона цемента на АПБ (зола-уноса+) может достигать 80 % от массы цемента базового состава без снижения прочности бетона при сжатии.

Универсальность АПБ (зола-уноса+) открывает широкие перспективы как в возможности утилизации больших объемов отходов, получаемых при сжигании углей в производстве строительных материалов,

так и в возможности применения цементов низких марок при изготовлении высокопрочных бетонов.

Технологически производство АПБ (зола-уноса+) на основе золы-уноса ТЭС существенно проще, нежели производство других видов добавок, применяемых для приготовления высокопрочных бетонов.

Список литературы

1. Рекомендации по применению золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций в тяжелых бетонах и строительных растворах. НИИЖБ. М.: Стройиздат. 1977. 30 с.

2. ГОСТ 25818-91. Зола-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. 12 с.

3. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций. НИИЖБ. М.: Стройиздат. 1986. 81 с.

4. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: ООО «Типография «Парадиз». 2010. 258 с. ISBN 978-5-903391-73-8.

THE USE OF THERMAL POWER PLANT ASH TO PRODUCE HIGH-STRENGTH CONCRETE AND REDUCE CEMENT CONSUMPTION

Bedarev Vladimir V. (ooo-rigul@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Deputy Director
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Nikita V. (nikita_bedarev@mail.ru)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Andrey V. (bedarevav@gmail.com)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Abstract

The results of experimental studies on the use of fly ash of thermal power plants for the production of high-strength concrete or the replacement of part of the cement in the concrete mixture with TPP ash are presented. The results of experimental studies show the high efficiency of the multifunctional complex APP (fly ash+) developed on the basis of fly ash of thermal power plants in the production of high-grade concretes and the possibility of replacing a significant part of cement in the concrete mixture. To obtain high-strength concretes, the amount of APB (fly ash+) additionally introduced into the concrete mixture is from 5 to 100 % of the cement mass. At the same time, an increase in the strength of concrete by 2–2.3 times in comparison with the strength of the concrete of the base composition can be achieved. The replacement of a part of cement in the concrete mixture with a multifunctional complex of APB (fly ash+) in an amount from 5 to 80 % makes it possible to preserve the strength of concrete at the strength level of the concrete base composition. The possibility of utilization of practically unlimited volumes of coal burning waste and reduction of cement consumption in concrete mixtures is shown. At the same time, the anthropogenic impact on the biosphere and the size of the carbon footprint are reduced, both in the production of thermal and electrical energy, and in the production of cement.

Keywords: fly ash, concrete strength, concrete mix, carbon footprint

References

1. Rekomendatsii po primeneniyu zoly, shlaka i zoloshlakovoi smesi teplovykh elektrostantsii v tyazhelykh betonakh i stroitel'nykh rastvorakh [Recommendations for the use of ash, slag and ash-and-slag mix of thermal power plants in heavy concrete and building mortars] NIIZhB. M.: Stroizdat. 1977. 30 p. (In Russian).
2. GOST 25818-91 Zoly-unosa teplovykh elektrostantsiy dlya betonov. Tekhnicheskiye usloviya. [Thermal plot fly-ashes for concrete. Specifications] Moscow: IPK Izdatel'stvo Standartov, 1991. 12 p. (In Russian).
3. Rekomendatsii po primeneniyu v betonakh zoly, shlaka i zoloshlakovoi smesi teplovykh elektrostantsii [Recommendations for the use of ash, slag and ash-and-slag mix of thermal power plants in concrete] NIIZhB. M.: Stroizdat. 1986. 81 p. (In Russian).
4. Kapriyelov S.S., Sheinfel'd A.V., Kardumyan G.S. Novye modifitsirovannye betony [New modified concrete]. M.: OOO "Tipografiya "Paradiz" 2010. 258 p. (In Russian). ISBN 978-5-903391-73-8.

УДК 691.32

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-130-131>

НОВЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Шейнфельд Андрей Владимирович (sheynfeld@masterbeton-mb.ru)

Доктор технических наук, заместитель заведующего лабораторией № 16

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: модифицированный бетон, улучшение окружающей среды, органо-минеральный модификатор, бетоны с высокими эксплуатационными свойствами, направления развития технологии бетонов

Введение

В докладе представлена оценка развития технологии бетона в России с точки зрения концепции современных модифицированных бетонов, которая заключается в следующем: доступная технология производства бетонных смесей с широким диапазоном свойств; использование местных материалов и техногенных отходов в качестве компонентов модификаторов; высокие физико-технические характеристики малоцементных бетонов.

Цель

Разработка перспективных направлений развития новых модифицированных бетонов, способствующих улучшению экологической обстановки, для возведения современных конструкций и сооружений.

Результаты

Показано, что в России разработан и на протяжении 25 лет выпускается новый вид добавок для бетонов – органо-минеральные модификаторы, состоящие из дисперсных отходов (дымов) металлургии и электроэнергетики в сочетании с органическими веществами – суперпластификаторами, объем которых составил 300 тыс. т. На предприятиях стройиндустрии, с использованием органо-минеральных модификаторов, организовано массовое производство современных бетонов с высокими эксплуатационными свойствами общим объемом более 5 млн м³. Разработаны и широко

внедрены в практику строительства новые и внесены изменения в существующие стандарты и своды правил, а также в технологии проектирования и возведения современных зданий и сооружений. Утилизировано более 270 тыс. т техногенных отходов (дымов) с понижением выбросов в атмосферу углекислого газа на 700 тыс. т за счет экономии 800 тыс. т цемента.

Выводы

Полученные высокие технико-экономические показатели и эксплуатационные характеристики бетонов говорят об эффективности, надежности и значительном потенциале технологии производства бетонов, основанной на применении комплексных органо-минеральных модификаторов серии МБ, что позволяет рекомендовать ее к широкому применению при строительстве зданий и сооружений. Направление развития в технологическом аспекте связано с разработкой новых принципов расчета, проектирования и возведения современных конструкций с использованием высокопрочных самоуплотняющихся бетонов: облегченных тяжелых бетонов с заданными деформационными характеристиками; порошковых мелкозернистых и легких бетонов; сталефибробетонов; особотяжелых бетонов. Дальнейшее развитие технологии производства бетонов с органо-минеральными модификаторами с точки зрения экологического аспекта может повысить объем утилизации тех-

ногенных отходов до 6 млн т/год и предотвратить выбросы в атмосферу углекислого газа до 9 млн т/год за счет экономии до 10 млн т/год цемента.

NEW MODIFIED CONCRETE AS A FACTOR OF ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT

Sheynfeld Andrey V. (sheynfeld@masterbeton-mb.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Deputy Head of Laboratory No. 16

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Keywords: modified concrete, environmental improvement, organomineral modifier, high performance concrete, directions of development of concrete technology

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В АРХИТЕКТУРЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ, СОХРАНЕНИИ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 72

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-132-133>

БЫСТРОВЗВОДИМЫЕ ЗДАНИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, ИНДУСТРИАЛЬНАЯ БАЗА, ОПЫТ НОРМИРОВАНИЯ

Дубынин Николай Васильевич (arh_nauka@mail.ru)

Кандидат архитектуры, доцент, начальник отдела

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: быстровозводимые здания, модульные здания, мобильные здания, модульные конструкции, объемные блоки, архитектурное проектирование

Сокращение сроков строительства всегда было востребовано как важный социально-экономический показатель строительства. Но в настоящее время благодаря развитию современных технологий ускорение возведения зданий получило возможность перехода к новым показателям по внедрению в массовое производство. Такие новые здания можно назвать быстровозводимыми.

Определение перспектив развития строительства быстровозводимых зданий требует изучения опыта их проектирования как исторического, так и современного с учетом международной практики. При этом следует учитывать в комплексе опыт проектирования, строительства и практики применения нормативно-технических и методических документов в данной области. Необходимо уточнить определение понятия быстровозводимых зданий, так как в настоящее время многие критерии в данной области нуждаются в проработке. Часто употребляются термины «модульные здания», «мобильные здания», которые воспринимаются как идентичные, что неверно. Кроме того, обязательно ли

быстровозводимые здания должны быть модульными? Вопрос неоднозначный.

Одной из важных задач архитекторов является определение типологического ряда перспективных для строительства быстровозводимых зданий, обеспечивающих выполнение необходимой номенклатуры объектов жилой и общественной застройки. Необходимо более точно определить область применения быстровозводимых зданий в застройке и выявить перспективные технологии их возведения. Это позволит конкретизировать и оптимизировать работу по планированию строительства городских и сельских поселений.

Чтобы обеспечить комфорт и безопасность застройки с применением быстровозводимых зданий следует установить их нормируемые параметры, которые несомненно будут отличаться от применяемых до сих пор. Возможно появление новых позиций или исключение существующих. Необходимо подготовить предложения по внесению изменений в существующие нормативно-технические документы, включая своды правил, национальные и межгосударственные стандарты, по разработке но-

вых нормативно-технических документов, включая методические пособия для проектирования, что обеспечит планомерное развитие строительства, принятие эффек-

тивных проектных решений, исключение проектных ошибок и спорных ситуаций при утверждении и экспертизе проектов.

PREFABRICATED BUILDINGS: PERSPECTIVES OF MASS CONSTRUCTION, INDUSTRIAL BASE, REGULATION EXPERIENCE

Dubynin Nikolay V. (arh_nauka@mail.ru)

Cand. Sci. (Architecture), Associate Professor, Head of Department

JSC TSNIIPromzdany

Moscow, Russian Federation

Keywords: fast building construction, modular buildings, mobile buildings, modular structures, volumetric blocks, architectural design

УДК 72

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-134>

МОДИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЪЕКТАМ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Шашкин Всеволод Алексеевич (vashashkin@pi-georeconstruction.ru)

Заместитель генерального директора

ООО ИСП «Геореконструкция»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Шашкин Алексей Георгиевич (9563513@gmail.com)

Генеральный директор

ООО ИСП «Геореконструкция»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Доклад посвящен проблеме гармонизации требований современных норм по механической безопасности сооружений и положений отечественного и международного законодательства по охране объектов культурного наследия. Отмечается некорректность буквального распространения на памятники архитектуры требований норм, предназначенных, прежде всего, для нового строительства, что может привести к необоснованному вторжению в материю памятника с соответствующей утратой подлинности исторических конструкций. Демонстрируется избыточность концепции надежности, принятой в общестроительных нормах, по отношению к объектам архитектурного наследия, которые самим фактом своего более чем столетнего существования доказали надежность принятых проектных решений, адекватность материалов и конструкций действовавшим нагрузкам и воздействиям, что обеспечивало их длительную эксплуатационную пригодность. При этом предлагается отказаться от предписываемого современными нормами стремления привести памятник в нормативное техническое состояние, а предпочесть мероприятия, позволяющие

памятнику сохраняться в ограниченно-работоспособном состоянии. В качестве позитивного примера приспособления требований отечественных норм к специфике памятников рассматривается исключение охраняемых конструкций из требований защиты от прогрессирующего разрушения при условии выполнения необходимых организационно-технических мероприятий. В докладе предлагается концепция обеспечения механической безопасности, которая не противоречит принятой в нормах концепции надежности, но побуждает к бережному отношению к объектам архитектурного наследия и обязывает прибегать к современному вторжению в материю памятника (к усилению конструкций) только в случае тщательно обоснованной необходимости, когда другие пути обеспечения сохранности конструкции исчерпаны. В основу алгоритма принятия решения по усилению конструкции памятника архитектуры положен поиск возможных полезных нагрузок для элементов конструкции памятника, приемлемых как в аспекте приспособления здания к новой функции, так и в плане обеспечения механической безопасности.

МНОГОСЛОЙНЫЕ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-135>

СЛОЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ С ТРЕХСЛОЙНЫМИ ФАСАДНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ С ОБЛИЦОВКОЙ ПУСТОТЕЛЫМ КЕРАМИЧЕСКИМ КИРПИЧОМ

Воробьев Георгий Евгеньевич (george.sparrow@yandex.ru)

Генеральный директор

ООО «Квартал»

Москва, Российская Федерация

Влияние на долговечность облицовочного слоя оказывают:

1. Несвоевременность проведения текущего и выборочного капитального ремонта фасадных конструкций балансодержателями или собственниками многоквартирного дома. При этом эксплуатация фасадных конструкций должна производиться по регламенту ВСН 58–88 со строго указанной периодичностью проведения текущего и капитального ремонта.

2. Нарушения целостности фасадных конструкций при проведении ремонтов и присоединении собственниками жилых

помещений квартирного пространства к балконам и лоджиям.

Согласно нормативному документу от 25.10.2011 № 508-ПП «Об организации переустройства и (или) перепланировки жилых и нежилых помещений в многоквартирных домах и жилых домах», согласно пп. 10–19 прил. 1: «При проведении работ по переустройству и (или) перепланировке жилых и (или) нежилых помещений в многоквартирных домах не допускается: объединение лоджий, балконов, террас, веранд с внутренними помещениями».

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ

УДК 334.012.824

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-136-139>

ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. ИНЖИНИРИНГ И РЕИНЖИНИРИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сборщиков Сергей Борисович (tous2004@mail.ru)

Доктор экономических наук, профессор, начальник управления

ППК «Единый заказчик»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: проектное управление, строительство, инжиниринг, реинжиниринг, логистика, регламентация, организация, управление

Введение

В настоящее время проектное управление в строительстве имеет широкое применение и однозначные доказательства своей эффективности, но в то же время вопросы, относящиеся к ее нормативной регламентации и терминологической идентификации, до сих пор не решены. Объективной предпосылкой нормативной регламентации проектного управления в строительстве является необходимость учета специфики организации инвестиционно-строительной деятельности действующего национального законодательства, а также географических, территориальных, климатических и иных особенностей реализации строительных проектов в Российской Федерации, отражающих большой спектр разнообразных форм, схем, условий, норм, правил и требований, характерных только для отечественного строительного комплекса. Однако следует также учитывать развитие теории и практики организации управления, в том числе применительно к реализации инвестиционных проектов. Одним из основных трендов организационного развития проектного управления в строительстве очевидно будет связь с новыми концепциями, такими как инжиниринг, реинжиниринг, контроллинг, их интеграцией с информатиза-

цией, аддитивными и природоподобными технологиями.

Цель

Обоснование целесообразности создания национального нормативно-методического документа по управлению проектами в строительстве, который закреплял бы не только специфические особенности отрасли, но и определял бы перспективные направления в организации и управлении, такие как инжиниринг, реинжиниринг, контроллинг, логистика. Требования данного документа должны распространяться на управление строительными проектами, их портфели, осуществляемое как юридическими, так и физическими лицами на договорной основе, а также на реализацию проектов внутри хозяйствующего субъекта.

Материалы и методы

Теоретической основой явились методологические принципы системотехники, логистики регулирующих воздействий, практической базой стали наработки отечественных и зарубежных компаний и специалистов по проектному управлению, организации инжиниринга и реинжиниринга и их отраслевой привязки.

Результаты

Смена технологического уклада дала толчок качественным изменениям как в

технике и технологии, так и в организации, управлении. Подобные трансформации реализуются на основании принципов инжиниринга и реинжиниринга в формате управления проектами. Это в полной мере относится к инвестиционно-строительной деятельности.

В качестве перспективных направлений организации инвестиционно-строительной деятельности можно отнести инжиниринговую схему управления, производственно-инжиниринговый центр.

Отмечается, что в настоящее время изначально заложенная концепция реинжиниринга применительно только к процессам управления (бизнес-процессам) претерпевает существенную ревизию, предполагающую расширение предметной области из-за смещения акцента на трансформацию технических (инженерных) решений, которые воплощены в материально-вещественной форме.

Таким образом, можно выделить два компонента в современной концепции реинжиниринга:

1. традиционное представление – реинжиниринг управленческих процессов;
2. развивающийся тренд – реинжиниринг производственных (технологических) процессов.

В этой связи основная задача нормативно-методической регламентации проектного управления в строительстве – сохранение накопленного опыта устойчивого развития инвестиционно-строительной сферы, его развитие на основе прогрессивных и эффективных концепций и практик (таких как инжиниринг, реинжиниринг), способствующих формированию безопасной и комфортной среды жизнедеятельности, созданию благоприятных условий для всестороннего сбалансированного процветания нашей страны.

При создании системы национальных нормативно-методических документов по управлению строительными проектами должны учитываться:

1. существующие международные и отечественные стандарты по управлению проектами, но только в той части, которая обеспечивает возможность их эффективного

применения в строительных проектах на территории Российской Федерации;

2. действующие правовые нормы и национальные строительные стандарты, нормы и правила, технические регламенты, требования и предписания, принятые на территории России, а также не противоречащие им международные нормы и правила (например, ЕврАзЭС, ЕС) в части реализации проектов с привлечением и участием компаний этих стран;

3. прогрессивные и эффективные способы и практики цифровизации строительства, применение информационно-аналитических систем управления строительными проектами, их методологическое обобщение, возможность образовательного трансфера для использования в новых проектах;

4. концепция жизненного цикла строительных объектов, а также перманентный системный учет влияния внешних природных, антропогенных и экономических воздействий.

Система нормативно-методического обеспечения проектного управления в строительстве должна содержать следующие компоненты:

1. методические рекомендации по проектному управлению в строительстве с идентификацией отраслевых особенностей и описанием способов интеграции с BIM (ТИМ)-платформами;
2. единую терминологическую базу, соответствующую действующему законодательству и нормативной базе в строительстве, а также описывающую передовые практики;
3. классификатор строительных проектов и инвестиционных программ.

Выводы

Предлагаемое нормативное регулирование в обозначенной предметной области должно устанавливать требования к проектному управлению в строительстве для обеспечения эффективного достижения целей строительного проекта, в том числе соблюдение и сокращение сроков достижения его результатов, повышение эффективности использования ресурсов, обе-

спечение прозрачности, обоснованности и своевременности принимаемых решений, повышение эффективности взаимодействия участников за счет использования единых подходов проектного управления, в том числе и на основе инжиниринга и реинжиниринга.

PROJECT MANAGEMENT. ENGINEERING AND REENGINEERING IN CONSTRUCTION

Sborshchikov Sergey B. (tous2004@mail.ru)

Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of Department

ППК Single customer

Moscow, Russian Federation

Keywords: project management, construction, engineering, reengineering, logistics, regulation, organization, management

Introduction

Currently, project management in construction has a wide application and evidence of its effectiveness, but at the same time, issues related to its regulatory regulation and terminological identification have not yet been resolved. An objective prerequisite for the regulatory regulation of project management in construction is the need to take into account the specifics of the organization of investment and construction activities, current national legislation, as well as geographical, territorial, climatic and other features of the implementation of construction projects in the Russian Federation, reflecting a wide range of diverse forms, schemes, conditions, norms, rules and requirements specific only to domestic construction complex. However, it is also necessary to take into account the development of the theory and practice of management organization, including in relation to the implementation of investment projects. One of the main trends in the organizational development of project management in construction will obviously be the connection with new concepts such as engineering, reengineering, controlling, their integration with informatization, additive and nature-like technologies.

Aim

Justification of the expediency of creating a national regulatory and methodological document on project management in construction, which would consolidate not only the specific features of the industry, but also would determine promising areas in organization and management such as engineering, reengineering, controlling, logistics. The requirements of this document should apply to the management of construction projects, their portfolios carried out by both legal entities and individuals on a contractual basis, as well as to the implementation of projects within an economic entity.

Materials and methods

The theoretical basis was the methodological principles of system engineering, logistics of regulatory impacts, the practical basis was the achievements of domestic and foreign companies and specialists in project management, the organization of engineering and reengineering and their industry binding.

Results

The change of technological structure gave impetus to qualitative changes both in engineering and technology, as well as

in organization and management. Such transformations are implemented based on the principles of engineering and reengineering in the project management format. This fully applies to investment and construction activities.

Engineering management scheme, production and engineering center can be considered as promising areas of organization of investment and construction activities.

It is noted that at present, the initially laid down concept of reengineering in relation only to management processes (business processes) is undergoing a significant revision, involving the expansion of the subject area due to a shift in emphasis on the transformation of technical (engineering) solutions, which are embodied in a material form.

Thus, two components can be distinguished in the modern concept of reengineering:

1. the traditional representation is the reengineering of management processes;

2. the developing trend is the reengineering of production (technological) processes.

In this regard, the main task of the normative and methodological regulation of project management in construction is to preserve the accumulated experience of sustainable development of the investment and construction sector, its development on the basis of progressive and effective concepts and practices (such as engineering, reengineering), contributing to the formation of a safe and comfortable living environment, creating favorable conditions for the comprehensive balanced prosperity of our country.

When creating a system of national regulatory and methodological documents for the management of construction projects, it should be taken into account:

1. existing international and domestic standards for project management, but only in the part that provides the possibility of their effective application in construction projects on the territory of the Russian Federation;

2. current legal norms and national construction standards, norms and rules, technical regulations, requirements and

regulations adopted on the territory of Russia, as well as international norms and rules that do not contradict them (for example, EurAsEC, EU) regarding the implementation of projects with the involvement and participation of companies from these countries;

3. progressive and effective methods and practices of digitalization of construction, the use of information and analytical systems for managing construction projects, their methodological generalization, the possibility of educational transfer for use in new projects;

4. the concept of the life cycle of construction objects, as well as permanent system accounting of the influence of external natural, anthropogenic and economic impacts.

The system of normative and methodological support of project management in construction should contain the following components:

1. methodological recommendations on project management in construction with identification of industry features and description of ways of integration with BIM platforms;

2. a unified terminology base corresponding to the current legislation and regulatory framework in construction, as well as describing best practices;

3. classifier of construction projects and investment programs.

Conclusions

The proposed regulatory regulation in the designated subject area should establish requirements for project management in construction to ensure the effective achievement of the goals of a construction project, including compliance with and reduction of the deadlines for achieving its results, increasing the efficiency of resource use, ensuring transparency, validity and timeliness of decisions made, increasing efficiency interaction of participants through the use of unified approaches to project management, including those based on engineering and reengineering.

СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 69

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-140-143>

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1999 ГОДА В ТУРЦИИ. РАЗРУШЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Бедарев Владимир Васильевич (ooo-rigul@mail.ru)

Кандидат технических наук, заместитель директора

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Андрей Владимирович (bedarevav@gmail.com)

Инженер

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Бедарев Никита Владимирович (nikita_bedarev@mail.ru)

Инженер

Общество с ограниченной ответственностью «Ригул»

Новокузнецк, Российская Федерация

Аннотация

На основании результатов натурных обследований рассмотрены особенности разрушения монолитных железобетонных конструкций жилых зданий после землетрясения 1999 года в Турции. Оценено влияние различных факторов: конструктивных особенностей монолитного каркаса жилых зданий, геометрических размеров монолитных железобетонных колонн, прочности бетона конструкций на сейсмостойкость жилых зданий. Установлен характер и место разрушения монолитных железобетонных колонн в зависимости от геометрических размеров и изменения прочности бетона по высоте. Показано влияние характера разрушения монолитных железобетонных колонн на стойкость при сейсмических воздействиях. Приведены результаты изменения прочности бетона по высоте монолитных железобетонных колонн.

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, сейсмостойкость, прочность бетона, монолитные железобетонные колонны, каркас, геометрические размеры колонн

Натурные обследования железобетонных конструкций зданий, получивших повреждения в результате землетрясения 17 августа 1999 года с эпицентром в районе г. Golsuk (Турция), проводились с целью оценки их действительного состояния и пригодности к дальнейшей эксплуатации.

Характер разрушения элементов каркаса зданий однотипен:

– подземная часть зданий разрушений не имеет;

– наибольшие разрушения имеют монолитные железобетонные конструкции каркаса первого этажа;

– интенсивность разрушений конструкций убывает с каждым последующим этажом, а конструкции последнего этажа разрушений практически не имеют.

В пределах первого этажа разрушение конструкций каркаса зданий происходит по монолитным железобетонным колоннам и по конструкциям монолитной лестничной клетки с некоторыми отличиями в зависимости от принятой конструктивной схемы здания.

Характерные разрушения железобетонных колонн каркаса

По первой конструктивной схеме [1] разрушения в узлах сопряжения монолитных железобетонных колонн с монолитными ригелями перекрытия первого этажа в основном в виде раздробления бетона колонн, образования наклонных пересекающихся трещин в торцевой стене лестничной клетки, разрушения бетона в уровне промежуточной площадки и трещин по контакту площадки и лестничных маршей.

Железобетонные колонны зданий, выполненные по второй конструктивной схеме и расположенные по продольной оси, имеют разрушения в узлах сопряжения с монолитными ригелями перекрытия первого этажа в виде наклонных трещин, пересекающих широкую сторону колонн.

Железобетонные колонны, ориентированные по поперечной оси здания, имеют горизонтальные трещины в сопряжении с монолитными ригелями перекрытия первого этажа.

Для зданий, выполненных по третьей конструктивной схеме, характерно наличие наклонных пересекающихся трещин в торцевой стене лестничной клетки и монолитных железобетонных элементах, расположенных по одной оси, а также разрушение бетона в уровне промежуточной площадки и трещин по контакту площадки и лестничных маршей.

Трещины в торцевой стене и монолитных железобетонных элементах развиваются от пола первого этажа.

Геометрические размеры монолитных железобетонных колонн каркаса

По геометрическим размерам монолитные железобетонные колонны первого этажа можно разделить на четыре группы [2].

К I группе относятся железобетонные колонны с геометрическими размерами (b – ширина, h – толщина, H – высота) в соотношениях: $\frac{b}{h} \approx 1$; $\frac{H}{b} \approx 15$; $\frac{H}{h} \approx 15$;

II группа: $\frac{b}{h} \approx 3$; $\frac{H}{b} \approx 5$; $\frac{H}{h} \approx 15$; III груп-

па: $\frac{b}{h} \approx 9$; $\frac{H}{b} \approx 1,67$; $\frac{H}{h} \approx 15$; IV группа:

$\frac{b}{h} \approx 15$; $\frac{H}{b} \approx 1$; $\frac{H}{h} \approx 15$.

Для I группы сжатых железобетонных элементов характерно разрушение бетона в сопряжении с монолитным железобетонным ригелем перекрытия первого этажа и смещение верха колонны относительно основания (рис. 1).

Железобетонные колонны II группы разрушаются с образованием наклонной трещины в месте сопряжения с монолитным железобетонным ригелем перекрытия первого этажа (рис. 1) и нормальной трещиной в уровне пола.

Сжатые железобетонные элементы III и IV группы имеют разрушения в виде наклонных (под углом $\approx 45^\circ$ к поверхности пола) взаимно пересекающихся трещин, расположенных в нижней их части.

В сопряжении железобетонных колонн с монолитными ригелями перекрытия разрушений не имеется.

Для железобетонных колонн I и II групп характерно расположение места разрушения в верхней части – в сопряжении с монолитными железобетонными ригелями перекрытия первого этажа, в то время как разрушения железобетонных элементов III и IV группы располагаются в их нижней части.

Схематично характеры разрушения сжатых железобетонных элементов по группам показаны на рис. 2.

Железобетонные колонны I и II группы в результате землетрясения получили, даже при визуальном сравнении, большие повреждения – значительные отклонения от вертикали и сквозные наклонные трещины, ширина раскрытия которых до-

стигает сантиметров, имеются взаимные смещения как элементов каркаса, так и частей железобетонных колонн.

Разрушения железобетонных колонн III и IV группы представляют собой наклонные трещины шириной раскрытия до 0,5 мм, расположенные в их нижней части. Смещения отдельных частей колонн относительно друг друга и деформаций элементов каркаса здания не наблюдается.

При этом здания с железобетонными колоннами I и II группы получили большие разрушения, даже с обрушением отдельных частей либо зданий в целом, в сравнении со зданиями с железобетонными элементами III и IV групп, сохранившими целостность каркаса.

Таким образом, сейсмостойкость зданий с железобетонными колоннами I и II группы ниже или соответствует расчетной сейсмичности района, а характер разрушения железобетонных колонн II группы – наклонная трещина одного направления – показывает, что разрушение произошло от однократного внешнего воздействия.

Сейсмостойкость зданий с железобетонными элементами III и IV группы превышает расчетные 7 баллов, а характер разрушения железобетонных элементов III группы в виде системы пересекающихся наклонных трещин показывает, что образование указанных трещин произошло в результате знакопеременного внешнего воздействия.

Исследование прочности бетона монолитных железобетонных колонн

Характер изменения прочности бетона по высоте H монолитных железобетонных колонн с достаточной точностью описывается уравнением

$$R_b^H = (1,6 - 0,128 \cdot \ln H) \cdot R_b,$$

где H – высота монолитной железобетонной колонны в м;

R_b – проектная прочность бетона.

Характерной особенностью является то, что прочность бетона в основании монолитных железобетонных колонн превышает

прочность бетона в верхней части практически в два раза.

В основании монолитных железобетон-

ных колонн отношение $\frac{R}{R_{cp}} = 1,4-1,6$, а

в верхней части отношение $\frac{R}{R_{cp}} = 0,7-0,8$,

что указывает на высокую вероятность разрушения конструкций именно в сопряжении колонн с перекрытием вышележащего этажа.

На высоте около 100 см от основания монолитных железобетонных колонн прочность бетона близка к средним значениям.

Заключение

Сейсмостойкость жилых зданий с монолитным железобетонным каркасом зависит от конструктивных особенностей каркаса, соотношения геометрических размеров монолитных железобетонных колонн и неравномерности прочности бетона по высоте колонн.

Список литературы

1. Бедарев В.В. Влияние геометрических размеров на характер разрушения железобетонных колонн зданий с гибким первым этажом при сейсмических воздействиях // *Бетон и железобетон*. 2003. № 5. С. 25–28.
2. Бедарев В.В., Бедарев А.В. Разрушение железобетонных колонн зданий с «гибким» первым этажом при сейсмических воздействиях. Бетон и Железобетон – взгляд в будущее: Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. Москва. 2014. Т. 2. С. 25–33. ББК 38.53 УДК 666.97(063)+693.5(063) Б 54 ISBN 978-5-7264-0809-5 ISBN 978-5-7264-0813-2 (т. 2).
3. Бедарев В.В., Бедарев А.В. Определение места вероятного разрушения железобетонных колонн зданий с «гибким» первым этажом при сейсмических воздействиях. Сборник трудов СибГИУ Новые строительные технологии 2010. Новокузнецк. 2010. С. 149–156. УДК 669.059.2.

1999 EARTHQUAKE IN TURKEY. THE DESTRUCTION OF MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS

Bedarev Vladimir V. (ooo-rigul@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Deputy Director
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Andrey V. (bedarevav@gmail.com)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Bedarev Nikita V. (nikita_bedarev@mail.ru)

Engineer
Limited Liability Company Rigul
Novokuznetsk, Russian Federation

Abstract

Based on the results of full-scale inspections, the features of the destruction of monolithic reinforced concrete structures of residential buildings after the 1999 earthquake in Turkey have been considered. The influence of various factors: the constructive features of the monolithic frame of residential buildings, the geometric parameters of monolithic reinforced concrete columns, the strength of concrete structures on the seismic resistance of residential buildings – has been estimated. The nature and place of monolithic reinforced concrete columns destruction, depending on the geometric dimensions and changes in the concrete strength in height, have been established. The influence of the destruction nature of monolithic reinforced concrete columns on the stability under seismic effects is shown. The results of changes in the concrete strength along the height of monolithic reinforced concrete columns are presented.

Keywords: seismic impact, seismic resistance, concrete strength, monolithic reinforced concrete columns, frame, geometrical dimensions of columns

References

1. Bedarev V.V. Influence of geometric dimensions on the nature of the destruction of reinforced concrete columns of buildings with a flexible first floor under seismic effects. *Beton i zhelezobeton*. 2003, no. 5, pp. 25–28 (In Russian).
2. Bedarev V.V., Bedarev A.V. Destruction of reinforced concrete columns of buildings with a “flexible” first floor under seismic effects. Concrete and Reinforced Concrete – a look into the future: Scientific works of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete. Moscow. 2014, vol. 2, pp. 25–33. BBC 38.53 UDC 666.97(063)+693.5(063) B 54
3. Bedarev V.V. Bedarev A.V. Determination of the place of probable destruction of reinforced concrete columns of buildings with a “flexible” first floor under seismic effects. Collection of works of SibGIU New construction technologies 2010. Novokuznetsk. 2010, pp. 149–156. UDC 669.059.2 (In Russian).

УДК 69

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-144-145>

СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПОРЫ СО СВИНЦОВЫМ СЕРДЕЧНИКОМ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ВАСС»

Игнатов Константин Эдуардович (m89218491449@gmail.com)

Коммерческий директор

ООО «ВАСС»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений – фактор, который необходимо учитывать при строительстве, особенно в сейсмически активных районах. Наиболее актуальное решение для достижения необходимой сейсмостойкости как в промышленном, так и в гражданском строительстве – использование сейсмоизолирующих резинометаллических опор со свинцовым сердечником.

Основная часть

ООО «ВАСС» – современное производственно-технологическое предприятие, внедряющее системы сейсмоизоляции в строительную отрасль. На сегодняшний день организация наладила выпуск инновационной продукции, в том числе резинометаллических опор.

Назначение изделий – снижение сейсмических воздействий на здания, возводимые в районах с сейсмичностью не более 9 баллов.

Принцип действия – поглощение вертикальных и горизонтальных колебаний благодаря сочетанию свойств металлов и каучука.

Вся выпускаемая продукция соответствует требованиям ГОСТ 57364-2016 и ГОСТ 57354-2016.

Производитель декларирует срок использования изделия в течение семидесяти лет от даты поставки по контракту без нарушения рекомендуемых условий хранения, монтажа и эксплуатации.

Заключение

В 2023 году наша продукция успешно прошла испытания в Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, впервые в России в рамках импортозамещения.

SEISMIC-INSULATING RUBBER-METAL SUPPORTS WITH A LEAD CORE MANUFACTURED BY VASS LLC

Ignatov Konstantin E. (m89218491449@gmail.com)

Commercial Director

LLC VASS

Moscow, Russian Federation

Abstract

Ensuring the seismic resistance of buildings and structures is a factor that must be considered, especially when building in seismically active areas. The most relevant solution to achieve the necessary seismic resistance both in industry and in civil construction – is using of seismic-insulating rubber-metal supports with a lead core.

Main part

VASS LLC is a modern production and technological enterprise that introduces seismic isolation systems into the construction industry. To date, the organization has established the production of innovative products, including rubber-metal supports.

The purpose of the products is to reduce seismic impacts on buildings erected in areas with a seismicity of no more than 9 points.

The principle of operation is the absorption of vertical and horizontal vibrations due to the combination of the properties of metals and rubber.

All manufactured products comply with the requirements of GOST 57364-2016 and GOST 57354-2016.

The manufacturer declares the using period of the product within seventy years from the contract delivery date without violating the recommended of under the mended storage, installation and operation conditions.

Conclusion

Our products were successfully tested at the Center for Research of Seismic Resistance of Structures of the V.A. Koucherenko in 2023, for the first time in Russia as part of import substitution.

УДК 614.83

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-146-147>

МОДЕЛИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Келасьев Н.Г.

Кандидат технических наук, генеральный директор

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Авдеев К.В.

Заместитель генерального директора, главный инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Левин Дмитрий Иванович (d.levin@cniipz.com)

Инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Лисанов М.В.

Доктор технических наук, директор центра анализа риска

ЗАО НТЦ ПБ

Москва, Российская Федерация

Бобров В.В. (bobrovvv@mgsu.ru)

Кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: арматурная сталь, бетон, коэффициент упрочнения, динамический метод расчета, взрывные нагрузки, Blind Blast Test

В докладе рассмотрены сведения о физико-механических свойствах арматурной стали и бетона при динамическим нагрузках, основанные на результатах многочисленных экспериментов. Представлено краткое описание математических моделей бетона и арматуры, используемых при расчете конструкций на динамические нагрузки. Представлен расчет железобетонной плиты на действие ударной взрывной волны на основе данных, полученных

в ходе экспериментальной программы «Blind Blast Test». Расчет проводится с использованием метода прямого интегрирования уравнений движений во времени. Используется нелинейная модель описания физико-механических свойств материалов арматурной стали и бетона с учетом динамического упрочнения. Представлен сравнительный анализ результатов численного расчета с результатами эксперимента.

MODELS OF CONCRETE AND REINFORCEMENT UNDER DYNAMIC LOADS

Kelasyev N.G.

Cand. Sci. (Engineering), General Director
JSC TSNIIPromzdany
Moscow, Russian Federation

Avdeev K.V.

Deputy General Director, Chief Engineer
JSC TSNIIPromzdany
Moscow, Russian Federation

Levin Dmitriy I. (d.levin@cniipz.com)

Engineer
JSC TSNIIPromzdany
Moscow, Russian Federation

Lisanov M.V.

Dr. Sci. (Engineering), Director of Risk Analysis Center
ZAO NTTs PB
Moscow, Russian Federation

Bobrov V.V. (bobrovvv@mgsu.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor
National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforcing steel, concrete, hardening factor, dynamic calculation method, explosive loads, Blind Blast Test

УДК 69

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-148-150>

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Крючков Виталий Геннадьевич (inf@cstroy.ru)

Доктор экономических наук, генеральный директор, академик РИА

АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Тихонов Игорь Николаевич (niihb_tikhonov@mail.ru)

Доктор технических наук, руководитель центра № 21

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Звездов Андрей Иванович (inf@cstroy.ru)

Доктор технических наук, заместитель генерального директора по научной работе

АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: катастрофическое землетрясение, массовая застройка, сейсмостойкое строительство, инновационная арматура, непрерывное армирование, пластическое деформирование

Последствия катастрофического землетрясения в Турции 6 февраля 2023 года в очередной раз указали на важность решения вопросов, связанных с безопасностью строительства в сейсмических районах.

Учитывая сложность предсказуемости силы, времени и места возможного землетрясения, проектировщикам и строителям любых зданий массовой застройки в сейсмоопасных районах следует руководствоваться определенным набором простых, но обязательных для выполнения и контроля требований, обеспечивающих, в первую очередь, максимальную защиту жизни людей.

Разработанные и обоснованные в АО «НИЦ «Строительство» для применения инновационные виды арматуры и бетона, методики расчета, приемы конструирования, технические решения сейсмоизоляции, а также накопленный опыт научных сотрудников институтов Центра могут быть основой для составления «Кодекса правил по безопасному проек-

тированию и строительству в сейсмических районах», а также для актуализации СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» и разработки «Руководства для проектирования зданий из железобетона для сейсмостойкого строительства».

Основные требования для проектирования зданий из железобетона массовой застройки на сейсмическую нагрузку:

1. Строительство вблизи тектонических разломов должно быть запроектировано при выполнении требований по сейсмичности на 1–2 балла, превышающей принимаемую для окружающей местности.

2. Требования к расчету зданий и сооружений из железобетона должны предусматривать проверку обоснованности принятых понижающих коэффициентов (K) или значений каких-либо физических величин, используемых для учета пластического деформирования железобетонных

конструкций при определении сейсмической нагрузки. Например, по методике НИИЖБ им. А.А. Гвоздева или другим ее альтернативам.

3. Рабочая арматура для железобетонных конструкций должна сохранять сцепление с бетоном после достижения в ней напряжений и деформаций, соответствующих началу текучести ($\sigma_{T(02)}$). Например, как арматура с многорядным расположением поперечных ребер классов А500СП, Ау500СП, Ав500П.

4. Фундаменты зданий, строящихся в границах разломов, должны иметь анкеровку в грунте. Например, в виде буронабивных свай с уширенной пятой.

5. В строящихся зданиях из железобетона при балльности 8, 9 баллов использование безригельных, бескапитальных перекрытий не допускается.

6. В колоннах и перекрытиях любых конструктивных решений обязательно наличие непрерывных связей в количестве не менее 30 % рабочей продольной арматуры.

7. В перекрытиях всех конструктивных решений обязательно наличие обвязочного наружного балочного контура по периметру с непрерывным армированием по длине.

8. Прочность вертикальных элементов первого этажа зданий (колонн, пилонов, стен) должна быть обеспечена их сопротивлением на срез при горизонтальной сейсмической нагрузке с учетом ее уменьшения только в случае оценки способности к пластическому деформированию расчетных сечений горизонтальных элементов перекрытий и покрытия, например, по методике НИИЖБ им. А.А. Гвоздева или по другим, ей альтернативным.

Совершенствование требований для проектирования сейсмостойких зданий и сооружений должно осуществляться путем использования последних достижений отечественной и зарубежной науки и нормирования.

IMPROVING THE SAFETY OF EARTHQUAKE-RESISTANT CONSTRUCTION

Kryuchkov Vitaly G. (inf@cstroy.ru)

Dr. Sci. (Economic), General Director, Academician REA
JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Tikhonov Igor N. (niihb_tikhonov@mail.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Head of the Center No. 21
NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Zvezdov Andrey I. (inf@cstroy.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Deputy General Director for Scientific Work
JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: catastrophic earthquake, mass construction, earthquake-resistant construction, innovative reinforcement, continuous reinforcement, plastic deformation

The consequences of the catastrophic earthquake in Turkey on February 6, 2023 once again pointed to the importance of addressing issues related to the safety of construction in seismic areas.

Given the complexity of predictability of the force, time and place of a possible earthquake, designers and builders of any buildings of mass construction in earthquake-prone areas should be guided by a certain set of simple, but mandatory for implementation and control, requirements that ensure, first of all, maximum protection of people's lives.

The innovative types of reinforcement and concrete, calculation methods, design techniques, technical solutions for seismic isolation, as well as the accumulated experience of the scientific staff of the institutes of the Center, developed and justified for use in JSC Research Center of Construction, can be the basis for drafting the "Code of Rules for Safe Design and Construction in Seismic Areas", as well as for updating the SP 14.13330.2018 "Construction in seismic areas" and the development of "Guidelines for the design of reinforced concrete buildings for earthquake-resistant construction".

Basic requirements for the design of buildings made of reinforced concrete of mass construction for seismic load

1. Construction near tectonic faults should be designed when meeting the requirements for seismicity by 1–2 points higher than accepted for the surrounding area.

2. The requirements for the calculation of buildings and structures made of reinforced concrete should provide for checking the validity of the accepted reduction coefficients (K_i) or the values of any physical quantities used to account for plastic deformation of reinforced concrete structures when determining the seismic load. For example, according to the methodology of the NIIZHB

named after A.A. Gvozdev or its other alternatives.

3. Working fittings for reinforced concrete structures must retain adhesion to concrete after stresses and deformations corresponding to the beginning of yield ($\sigma_{T(02)}$) are reached in it. For example, as a reinforcement with a multi-row arrangement of transverse ribs of classes A500SP, Au500SP, Av500P.

4. Foundations of buildings under construction within the boundaries of faults must be anchored in the ground. For example, in the form of bored piles with a widened fifth.

5. In buildings under construction made of reinforced concrete with a score of 8, 9 points, the use of frigless, non-capping floors is not allowed.

6. In columns and ceilings of any design solutions, it is mandatory to have continuous connections in the amount of at least 30 % of the working longitudinal reinforcement.

7. In the overlappings of all structural solutions, it is mandatory to have a binding external beam contour along the perimeter with continuous reinforcement along the length.

8. The strength of the vertical elements of the first floor of buildings (columns, pylons, walls) should be ensured by their shear resistance under horizontal seismic load, taking into account its reduction, only in the case of assessing the ability to plastic deformation of the calculated sections of horizontal elements of floors and coatings, for example, according to the methodology of the NIIZHB named after A.A. Gvozdev or others alternative.

Improvement of requirements for the design of earthquake-resistant buildings and structures should be carried out by using the latest achievements of domestic and foreign science and rationing.

УДК 624

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-151-152>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СЛОЖНЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Мамедова Сабина Раджабовна (sabma@yandex.ru)

Начальник отдела

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Характеристика холодного климата:

- большая длительность зимнего периода;
- низкие температуры;
- вечномерзлые грунты;
- сильные ветра, метели;
- высокая влажность воздуха;
- полярные день и ночь.

Особенности проектирования:

- норма жилой площади на 10 % больше;
- дополнительные помещения в жилых зданиях;
- увеличение ширины корпуса здания;
- поднятие фундамента над землей;
- ветровая защита (лоджии) + в градостроительстве дома – экраны;
- минимальные откосы в зданиях;
- выходы размещаются с наветренной стороны;
- ориентирование улиц в направлении снегового потока;
- переходы между общественными зданиями и жильем при очень низких температурах;
- блокировка зданий, простая конфигурация в плане, исключение перепада высот отдельных частей, сокращение поверхности остекления;
- двойные/тройные тамбуры.

Характеристика сейсмических зон:

- гидрометеорологические явления (тайфуны, град, наводнения, засухи, смерчи, пылевые бури, ливневые дожди, гололед, сильные морозы, обледенение, стихийные пожары, ураганы, сильная жара, сильные туманы);

- гидрогеоморфологические (лавины, оползни, сели);
- эндогенные (землетрясения, цунами, вулканизм).

Особенности проектирования

Дополнительные требования к объектам, строящимся в сейсмических районах, устанавливаются соответствующими нормами (правилами). Помимо стандартных СП, используются СП 14.13330 «Строительство в сейсмических районах».

Обеспечение полной сохранности зданий во время землетрясений обычно требует больших затрат на антисейсмические мероприятия.

Примыкание каркасных перегородок к перекрытиям выполнять скользящим с учетом требований пожаробезопасности и звукоизоляции, а также СП 163.1325800 п. 7.1.4.5, для обеспечения независимости деформации каркаса перегородок от перекрытия предусмотреть крепление стоек к верхним направляющим со скользящей верхней направляющей. В соответствии с п. 6.5.3 СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» для обеспечения независимого деформирования перегородок следует предусматривать антисейсмические швы между вертикальными торцевыми и верхней горизонтальной гранями перегородок и несущими конструкциями здания. Ширину швов принимают не менее 20 мм. Швы заполняют упругим эластичным материалом. Крепление перегородок к несущим ж/б конструкциям следует выполнять соединительными элементами, приваренными к закладным

изделиям или накладным элементам, крепление дюбелями не допускается. Узлы примыкания перегородок к колоннам выполнять по материалам поставщика. Анкерные крепления устанавливать, не нарушая целостности стержней армирования плит перекрытия.

УДК 699.841

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-153-155>

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЬНОГО КАРКАСА И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Назмеева Татьяна Вильсовна (naztv@mail.ru)

Кандидат технических наук, эксперт

АРСС

Москва, Российская Федерация

Кинзябулатова Диана Фидратовна (kinzyabulatovadddd@yandex.ru)

Главный конструктор

ООО НТП ССК

Уфа, Российская Федерация

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции, каркасно-обшивные стены, сейсмостойкое строительство, сдвиговая жесткость, коэффициент допускаемых повреждений, диссипация, холодногнутые профили

Введение

Рассмотрены вопросы проектирования каркасно-обшивных стен (КОС) для территорий сейсмоопасных регионов Российской Федерации. Четверть территории нашей страны 8–9 балльные зоны по шкале MSK-64. На этих территориях находятся экономически активные регионы, имеющие запасы полезных ископаемых, рекреационные ресурсы и т. д., поэтому, несмотря, на сложности логистики, инженерно-геологических и климатических условий, строительство активно развивается в этих частях Российской Федерации.

Наружные ограждающие каркасно-обшивные стены состоят из: системы вертикальных и горизонтальных стальных оцинкованных профилей, теплоизоляции и звукоизоляции в полостях каркаса, наружной и внешней обшивок, пароизоляции, ветрозащиты, крепежных элементов и облицовки (фасада).

Цель

Описать основные особенности проектирования каркасно-обшивных стеновых ограждений при строительстве объектов в сейсмоопасных регионах Российской Федерации.

Материалы и методы

Проводится анализ нормативно-правовой документации Российской Федерации, опубликованных исследований и накопленного опыта проведения расчетов, проектирования и строительства зданий с использованием каркасно-обшивных конструкций из ЛСТК, возводимых в сейсмоопасных районах. В работе используется структурный и сопоставительный анализы.

Результаты

Описаны основные принципы рассеивания энергии от землетрясений в фасадных системах. Они заключаются в том, что диссипация происходит за счёт деформирования обшивок и развития пластических деформаций в растянутой ветви крестовых связей из стальных полос. Поэтому необходимо ответственно подходить к вопросам обеспечения совместной работы основных элементов каркасно-обшивных конструкций с обшивками с помощью крепежных элементов и при возможности повышать их жесткость. При расчете КОС-панелей необходимо учитывать особую горизонтальную нагрузку от сейсмического воздействия, однако в СП 14.13330.2018 нет

исчерпывающих данных для расчета конструкций из ЛСТК. Поэтому необходимо опираться на результаты проведения испытаний. Стоит отметить, что опыт исследований показывает, что из-за небольшого веса конструкций ограждающих конструкций из холодногнутых профилей, влияние от сейсмического воздействия меньше, чем от ветрового. Рассмотрен и проанализирован пример расчета ненесущей конструкции ограждения из ЛСТК на примере КОС-панели школы в Магадане.

Выводы

Проанализирована нормативно-правовая документация, регламентирующая расчет конструкций в сейсмоопасной зоне. Ее нужно дополнить информацией по рас-

четам ЛСТК конструкций, в частности это касается коэффициента, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений *K_l*. Сформулированы основные проблемы расчета каркасно-обшивных стен: отсутствие утвержденной методики расчета сейсмической нагрузки, отсутствие разработанных типовых решений для узловых соединений КОС-панелей к несущим конструкциям зданий, необходимость в актуализации нормативно правовых документах, регламентирующих расчет конструкций зданий с использованием холоднодеформированных профилей. Описаны конструктивные решения КОС-панелей, методы повышения их сдвиговой жесткости и надежности.

THE POSSIBILITIES OF USING STEEL FRAMES AND ENCLOSING STRUCTURES MADE OF COLD-FORMED STEEL PROFILES IN SEISMIC AREAS

Nazmeeva Tatiana V. (naztv@mail.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Expert

Association for the Development of Steel Construction

Moscow, Russian Federation

Kinzyabulatova Diana F. (kinzyabulatovadddd@yandex.ru)

Chief Designer

LLC NTP SSK

Ufa, Russian Federation

Keywords: light gauge steel framing structures, frame-cladding structures, seismic resistance constructions, lateral stiffness, seismic force reduction factor, dissipation, cold-formed profiles

Introduction

The issues of designing framed cladding walls (FCW) for the territories of earthquake-prone regions of the Russian Federation are considered. A quarter of the territory of our country is 8-9 point zones on the MSK-64 scale. On these territories there are economically active regions with reserves of minerals, recreational resources, etc., therefore, despite the difficulties

of logistics, engineering, geological and climatic conditions, construction is actively developing in these parts of the Russian Federation.

Framed cladding walls as building envelopes consist of a system of vertical and horizontal galvanized profiles of different cross sections, thermal insulation and soundproofing in the cavities of the frame, external and external sheathing,

vapor barriers, windproofing, fasteners and cladding (facade).

Aim

To describe the main features of the design of framed cladding wall fences in the construction of facilities in an earthquake-prone region of the Russian Federation.

Materials and methods

The analysis of the regulatory and legal documentation of the Russian Federation, published studies and accumulated experience in the calculations and design of buildings on the basis of frame and cladding structures made of LSTC, erected in earthquake-prone areas is carried out. Structural and comparative analyses were used in the work.

Results

The basic principles of energy dissipation from earthquakes in facade systems are described. They consist in the fact that dissipation occurs due to deformation of cladding and development of plastic deformations in the tensile branch of steel strip cross bracing. Therefore it is necessary to have a responsible approach to the questions of ensuring joint operation of the main elements of the frame and cladding structures with sheathing by means of fastening elements and, if possible, to increase their stiffness. During the calculation of EBC panels, it is necessary to take into account the special horizontal load from the seismic

effect, but SP 14.13330.2018 doesn't contain the comprehensive data for the calculation of LSTC structures. Therefore, it is necessary to rely on the results of tests. It is worth noting that the experience of research shows that due to the small weight of structures of cold-bent profile envelopes, the load from seismic effects is less than from the wind. We considered and analyzed an example of calculation of non-load-bearing structure of LSTC fence by the example of KOS-panel of the school in Magadan.

Conclusions

The normative-legal documentation regulating the calculation of structures in the earthquake-prone zone has been analyzed. It should be supplemented with information on calculations of LSTC structures, in particular, it concerns the coefficient taking into account the allowable damages of buildings and structures K_I . The basic problems of frame cladding walls calculation are formulated: the absence of the approved methodology of seismic loading calculation, the absence of the developed typical solutions for the joints of the KOS panels to the bearing structures of buildings, the necessity of updating of the normative and legal documents regulating the calculation of building structures with the use of the cold-deformed profiles. Structural solutions of KOS panels, methods of increasing their shear stiffness and reliability are described.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 624.04:519.62

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-156-157>

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИХ, УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ И ВЯЗКОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ

Симбиркин Валерий Николаевич (simbirkin@eurosoft.ru)

Кандидат технических наук, главный инженер

ООО «ЕВРОСОФТ»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: численные методы, нелинейная упругость, пластичность, вязкий демпфер, динамический расчет

Рассматривается моделирование нелинейно-упругих, упругопластических и вязкостных свойств материала элементов при решении системы дифференциальных уравнений динамического равновесия конструкций. Решение задачи осуществляется методом прямого интегрирования уравнений или с помощью разложения динамической реакции по формам собственных колебаний.

Приведены примеры динамических расчетов нелинейных конструкций обоими методами интегрирования – модели сейсмоизолированного здания на упругопластических опорах и мачты на оттяжках, односторонне работающими только на растяжение (нелинейно-упругие элементы), при кинематических воздействиях в виде акселерограмм. Выполнено сравнение решений, полученных с использованием предлагаемого метода разложения динамической реакции конструкции по формам ее собственных колебаний, реализованного в ПК STARK ES (Россия), с решениями, полученными методом прямого интегрирования уравнений движения в ПК ЛИРА-САПР (Украина). Показано, что использование метода разложения реакции по формам собственных колебаний позволяет получить линейное, упругопласти-

ческое или нелинейно-упругое решение, совпадающее с решением методом прямого интегрирования. Однако время, затраченное на решение динамической задачи, и объем файлов результатов снижаются многократно за счет учета в расчете не всех, а ограниченного числа необходимых собственных форм.

Представлен пример проверочного расчета строительных конструкций здания аэровокзального комплекса при сейсмических воздействиях, выполненного с помощью STARK ES. В качестве мероприятия, компенсирующего отступление архитектурных форм от указаний действующих норм, и с целью повышения сейсмостойкости здания предусмотрена установка жидкостно-вязкостных демпферов.

Показаны результаты решения задачи с использованием разных вариантов работы демпферов: нелинейно-вязкостных демпферов, реактивное усилие в которых нелинейно зависит от скорости перемещения штока, эквивалентных (по поглощенной энергии) линейно-вязкостных демпферов и эквивалентных (по максимальному усилию и поглощенной энергии) упругопластических элементов. Сделаны выводы об эффективности каждого способа моделирования.

В докладе также представлены результаты расчета статически неопределимой двухпролетной стальной балки на прогрессирующее разрушение при скоротечном аварийном выходе из строя средней опоры в упругопластической динамической постановке. Показано, что поглощение энер-

гии колебаний при неограниченной пластичности материала ведет к снижению расчетной динамической составляющей усилий вплоть до нуля.

MODELLING OF NONLINEAR ELASTIC, ELASTO-PLASTIC AND VISCOUS ELEMENTS IN DYNAMIC ANALYSIS OF STRUCTURES

Simbirkin Valeriy N. (simbirkin@eurosoft.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Chief Engineer

LLC EUROSOFТ

Moscow, Russian Federation

Keywords: numerical methods, nonlinear elasticity, plasticity, viscous damper, dynamic analysis

УДК 624.046

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-158-159>

УЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ СБОРНЫХ ДИСКОВ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Трекин Николай Николаевич (nik-trekin@yandex.ru)

Доктор технических наук, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Быбка Александр Васильевич (aleb@narod.ru)

Заместитель начальника отдела

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: многоэтажный каркас, диск перекрытия, податливость

В настоящее время расчет многоэтажных каркасных зданий выполняется по пространственным расчетным моделям. Диски перекрытий из сборных железобетонных конструкций при этом большинством расчетчиков принимаются в виде сплошных пластин, с соответствующей разбивкой на элементы, с большой изгибной жесткостью в своей плоскости, что в свою очередь упрощает формирование расчетной модели. Однако многочисленные экспериментальные исследования показывают, что взаимодействие между сборными элементами отличается от принятых идеализированных схем.

Как показывает обширная практика исследования каркасных зданий из сборного железобетона, в сопряжениях сборных элементов имеются трещины различной ширины раскрытия, неплотности и участки отсутствия замоноличивания. Эти и многие другие дефекты снижают первоначальную жесткость узловых сопряжений и швов.

Чаще всего податливость учитывается с помощью понижающих коэффициентов к жесткостным характеристикам элементов перекрытия. При этом назначение понижающих коэффициентов в большинстве

своем основаны на практике проектирования и результатах единичных экспериментов.

Для учета податливости сборного перекрытия в расчетных моделях, где перекрытия замоделированы сплошными плитами, были выполнены численные исследования ячеек плит перекрытий и предложена методика учета податливости их соединений на основе эквивалентной жесткости. Сравнительным анализом экспериментальных данных и результатов таких численных исследований данная методика была уточнена с удовлетворительным совпадением численных и экспериментальных данных.

По результатам сравнительного анализа уточнено выражение для расчета эквивалентной жесткости диска перекрытия дополнительным коэффициентом K_{exp} .

Сравнительный анализ численных исследований с экспериментальными данными также показал, что податливость дисков перекрытий сразу после изготовления менее податливости после цикла нагружений, в результате которых нарушается целостность материала швов, что, в целом, соответствует эксплуатационной стадии зданий.

Учет по приведенной методике подат-

ливости дисков перекрытий в расчетных моделях применяется в практике проектирования и экспертного анализа для зданий со сборным железобетонным каркасом. Результаты таких расчетов, на примере 16-этажного здания размером 18×42 м с сеткой колонн 6×6 м, показывают, что учет податливости дисков ведет к повышению их деформативности на 33 %, повышению общей деформативности каркаса

на 7,5 %, увеличению изгибающих моментов и поперечных сил в колоннах между элементами жесткости на 10 и 12 % соответственно. При этом поперечные силы и моменты в элементах жесткости уменьшаются в пределах 1–3 %.

ACCOUNT OF COMPLIANCE OF PRECAST DISKS OF OVERLAPPING IN MODELING MULTI-STOREY FRAME BUILDINGS

Trekin Nikolai N. (nik-trekin@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures

National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

Bybka Alexander V. (aleb@narod.ru)

Deputy Head of Department
JSC TSNIIPromzdany
Moscow, Russian Federation

Keywords: multistory framework, disk of overlapping, compliance

ЧАСТЬ 2

Содержание — ЧАСТЬ 2

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н.

Совершенствование метода расчета строительных конструкций
по предельным состояниям.....164

ФАСАДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Валиулин В.А., Гришин И.А.

Особенности научно-технического сопровождения проектирования НФС
в части соответствия требованиям пожарной безопасности РФ.....166

Захаров В.А.

Эксперимент как базис.....167

Комарова М.А.

Оценка эксплуатационных свойств антикоррозионных и огнезащитных
покрытий для элементов фасадных конструкций.....171

Кошелева Л.И., Костюк А.О.

Влияние климатических воздействий на элементы облицовки фасадов.....172

Павлова М.О.

Фасады. От облицовки к конструкциям.....175

Тучин М.А., Авдеев К.В., Кудрявцев Н.А., Бобров В.В., Домарова Е.В.

Навесные фасадные панели из полимербетона.....177

Цыкановский Е.Ю.

Научный подход при легализации скрытого крепежа листовых материалов.....180

ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Ведяков И.И., Кривцов Ю.В., Гришин И.А., Стрекалев А.Н.

О разработке СП «Конструкции стальные строительные.
Правила обеспечения огнестойкости».....181

Гришин И.А.

Применение огнезащитных материалов в каркасном домостроении.....183

Еремина Г.П.

Мониторинг технического состояния огнезащитных покрытий
и продление сроков их эксплуатации.....184

Ладыгина И.Р., Кривцов Ю.В.

Обеспечение пожарной безопасности объектов капитального строительства.....186

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Ищук М.К., Ищук Е.М.

Экспериментальные исследования каменной кладки,
усиленной инъекцией раствора в сочетании с косвенным армированием.....188

Ищук М.К., Ищук Е.М.

Предложения в СП 427.1325800 «Каменные и армокаменные конструкции.
Методы усиления».....191

Обозов В.И., Пономарев О.И., Иванова А.Ю. Деформирование кладки из крупноформатных керамических камней.....	194
---	-----

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Белый Г.И., Гарипов А.И. Запрдельная несущая способность стержневых элементов стальных конструкций.....	195
Ведяков И.И. Изменения № 3 к нормам на проектирование стальных конструкций (СП 294.1325800.2017).....	197
Конин Д.В., Крылов А.С., Ртищева И.В., Рожкова Л.С. Численные и экспериментальные исследования сталежелезобетонных перекрытий со сборными элементами.....	199
Соловьев Д.В., Конин Д.В., Коваленко А.И., Нахвальнов П.В. Исследование работы соединений на высокопрочных болтах.....	202

МНОГОСЛОЙНЫЕ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Экспериментальные исследования прочности и трещиностойкости кирпичной кладки, армированной в горизонтальных швах стальными и композитными сетками, при растяжении.....	206
Ищук М.К., Ищук Е.М., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Проблемы фасадов с опиранием лицевого слоя из высокопустотного кирпича на стальные кронштейны. Анализ натурных наблюдений и лабораторных исследований.....	209
Кушнир С.В. Новое в подходе к обследованию фасадов зданий.....	212
Павленко М.Н. Ремонт фасадов. Проблемы и решения.....	215
Пономарев О.И., Бессонов И.В., Захаров В.А., Павлова Е.А. О методах испытаний на морозостойкость кладочных стеновых изделий.....	218
Токаев В.Е. Мелкоштучные фасадные изделия на основе техногенного магнезиально-гидросиликатного сырья.....	221
Черемных В.А., Айзятуллин Х.А., Михеев А.В. Исследование узла опирания лицевого слоя на кирпичные консоли несущих и самонесущих каменных стен.....	224

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Жук Ю.Н., Курнавин В.В., Симбиркин В.Н. Научно-техническое сопровождение проектирования уникальных зданий и сооружений повышенной ответственности с использованием отечественного программного обеспечения.....	227
---	-----

Козунова О.В., Босаков С.В.

Развитие теории нелинейных расчетов ортотропных плит
на произвольном упругом основании.....230

Попов В.Ю.

Применение российского пакета САЕ FIDESYS для решения задач расчета
на прочность в строительстве.....232

Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В.

Физически нелинейный динамический расчет конструкций при сейсмических
воздействиях и гипотетических локальных разрушениях.....234

РАСЧЕТ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 624.046.2

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-164-165>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

Трекин Николай Николаевич (nik-trekin@yandex.ru)

Доктор технических наук, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

Москва, Российская Федерация

Кодыш Эмиль Наумович (otks@narod.ru)

Главный научный сотрудник

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: расчет по предельным состояниям, аварийные расчетные ситуации, особое предельное состояние, ответственность несущих элементов

В последнее время все чаще проектная практика сталкивается с необходимостью учета экстремальных ситуаций, при которых конструкции могут быть выведены за рамки граничных критериев первой и второй групп предельных состояний. Это, как правило, динамические воздействия при взрывах, ударах технологического оборудования и движущегося транспорта, падении грузов и т. п.

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.

Требования полного сохранения функционального назначения при аварийных расчетных ситуациях, т. е. соответствия критериям первой и второй групп предельного состояния, приводят к значительному

увеличению расхода материалов. Учитывая этот фактор, возникает необходимость введения дополнительной группы предельных состояний, суть которых заключается в обеспечении живучести здания или сооружения, т. е. исключения превращения всей несущей системы или ее части в механизм.

Стадию разрушения учитывают при расчетах конструкций на динамические нагрузки большой интенсивности, где основным требованием является то, чтобы конструкция или сооружение выдержало однократное воздействие не обрушившись. В этих случаях в конструкциях допускаются значительные остаточные деформации и частичное разрушение сечений.

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 по обеспечению общей механической безопасности оценивается по-разному.

Одним из важных аспектов введения категорий ответственности несущих элементов является повышение механической безопасности при более рациональном распределении материалов и разработка конструктивных систем, более устойчивых к

прогрессирующему обрушению. Это связано в первую очередь с определением в несущей системе так называемых ключевых элементов, требования к которым должны быть повышенными как по показателям несущей способности, так и в степени пространственного взаимодействия в несущей системе.

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF CALCULATION OF BUILDING STRUCTURES BY LIMIT STATES

Trekin Nikolai N. (nik-trekin@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department of Reinforced concrete and Masonry Structures

National Research Moscow State University of Civil Engineering
Moscow, Russian Federation

Kodysh Emil N. (otks@narod.ru)

Chief Scientific Officer

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Keywords: calculation by limit states, emergency settlement situations, special limit state, responsibility of bearing elements

ФАСАДНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 699.81

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-166>

ОСОБЕННОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НФС В ЧАСТИ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ

Валиулин Владислав Альбертович

Ведущий специалист

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Гришин Илья Александрович

Заведующий лабораторией

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Фасадные конструкции. Классификация и виды.

Нормативно-правовые аспекты регулирования фасадных конструкций зданий в части пожарной безопасности.

Пожарно-техническая классификация материалов, применяемых в конструкции НФС и навесных стен.

Натурные огневые испытания для подтверждения соответствия требованиям,

установленным нормативно-правовыми актами РФ.

Проблема распространения результатов огневых испытаний фасадных НФС на проектные и рабочие решения перед получением разрешения на строительство и (или) сдачу объекта в эксплуатацию.

УДК 692.23

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-167-170>

ЭКСПЕРИМЕНТ КАК БАЗИС

Захаров Владимир Андреевич (zv8558@mail.ru)

Заместитель заведующего лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Экспериментальные исследования фасадных конструкций оказывают определяющее влияние при оценке надежности фасадов проектируемых зданий и сооружений. Расчетно-аналитическую оценку технических решений проекта, оценку надежности перспективных конструктивных решений необходимо проводить с учетом экспериментальных исследований образцов фасадных конструкций в натуральную величину. Анализ перспективных направлений развития предопределяет необходимость совершенствования материально-технической базы. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко на протяжении десятилетий является лидером в области исследований строительных конструкций. В 2020 году начаты фундаментальные работы по модернизации существующего и введение в строй нового лабораторного оборудования АО «НИЦ «Строительство». Основой любых качественных экспериментальных исследований строительных конструкций является стационарное силовое оборудование – испытательные стенды, адаптированные под испытания крупноформатных конструкций в натуральную величину, методические указания по проведению и обработке результатов испытаний. В период с 2020 по 2022 год введены в эксплуатацию четыре испытательных стенда, гидравлические станции, апробированы методики проведения и обработки результатов испытаний.

Ключевые слова: фасадные конструкции, экспериментальные образцы, несущая способность, надежность, экспериментальные исследования, методы испытаний

Введение

Доклад посвящен экспериментальным исследованиям фасадных конструкций за последние восемь лет, проведенным в лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Проведение экспериментальных исследований позволяет развивать компетенции в новых направлениях развития строительной отрасли – фасадных конструкциях как отдельного самостоятельного вида строительных конструкций.

Экспериментальные исследования фасадных конструкций

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко на протяжении десятилетий является лидером в

области исследований строительных конструкций. Нормативно-технические документы, которыми пользуются проектные организации, строительные организации, формулы и конструктивные требования, приведенные в строительных нормах и правилах, базируются на многочисленных, многократно повторяющихся экспериментальных исследованиях.

В деятельности ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко эксперимент всегда занимал особое положение. Эксперимент – инструмент познания, с помощью которого решаются многие задачи, связанные с внедрением новых видов материалов конструкций.

Простейшим примером применения в практике строительства эксперимента является проведение испытаний по нор-

мированным методикам, направленных на контроль качества материалов. При проведении исследований новых видов конструкций эксперимент становится базисом, представляющим собой процесс, процедуру получения исходных данных для разработки методов оценки прочности по результатам расчетов.

Эксперимент обладает неоспоримым преимуществом перед расчетно-аналитическими методами, позволяет получить то, что невозможно придумать. Экспериментальные исследования – комплекс мероприятий, сложный, дорогостоящий, требующий высокой квалификации специалистов, понимания предполагаемого характера работы, моделируемого при испытаниях.

Цена ошибки при отсутствии эксперимента – многомиллионные убытки, репутационные потери, не говоря уже о человеческих жизнях.

Первые испытания фасадных конструкций в сборе проведены в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в 2002 году. Двадцать лет назад архитектура по сравнению с настоящим моментом не отличалась разнообразием применяемых материалов. Отдельные уникальные объекты возводились, но применение фасадных конструкций не было массовым. В последующие годы вплоть до 2015 года испытания и исследования фасадных конструкций сводились к оценке прочности и деформативности типовых узловых соединений, изделий и материалов, применяемых в составе фасадных конструкций. По мере внедрения в практику строительства новых навесных фасадных систем возникли вопросы с обеспечением эксплуатационной надежности фасадных конструкций при массовой застройке, увеличение обрушений конструкций привело к необходимости определения причин повреждений на фасадах зданий и предупреждения их возникновения в дальнейшем. К участникам рынка пришло понимание, что расчетно-аналитические методы не всегда дают объективную оценку несущей способности, не учитывают многие факторы, и что без

совершенствования материально технической базы получение данных о характере работы конструкции все больше будет сводиться к «фантазиям на тему».

Первые испытания фрагмента фасадной конструкции с лицевым слоем из кирпича в проектном положении специалистами нашей организации проведены в 2015 году на лабораторном стенде. Полученные результаты показали, что существующие подходы в оценке прочности **кирпичной облицовки, закрепленной на металлических направляющих, неверны.**

Объективно оценивая перспективу и необходимость научных исследований, в институте ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, являющемся основоположником теории прочности кладки, специалистами были разработаны четыре стенда для проведения испытаний фрагментов фасадных конструкций, в том числе в натуральную величину (высотой до 4,5 м), гидравлические станции с несколькими точками подачи нагрузки на экспериментальные образцы (с суммарной нагрузкой до 300 кН). Кроме того, были разработаны и запатентованы способы приложения нагрузки, разработана методика проведения и обработки результатов испытаний.

С применением разработанного оборудования решаются вопросы не только проверки и обоснования новых типов конструкций для различных этапов строительства: разработки, проектирования, транспортировки и монтажа фасадных конструкций, – но и исследовательские работы, направленные на определение причин образования повреждений в облицовке и обрушений облицовочных элементов в процессе эксплуатации зданий.

Флагманом испытательной площадки лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем является введенный в действие стенд ИС-4, представляющий собой испытательную платформу – сборно-разборную конструкцию, позволяющую проводить механические испытания практически любых существующих и перспективных фасадных конструкций (рис. 1) с применением раз-

личных видов облицовочных материалов в составе комбинированных конструкций (кирпича и штучных кладочных изделий, крупноформатного керамогранита, фиброцементных плит, композитных панелей, природного камня, стекла, стемалита, светопрозрачных конструкций, конструкций фонарей и т. п.)

С введением в действие разработанного комплекса, включающего как лабораторное оборудование, так и методические документы, проводятся на постоянной основе научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проводятся работы по внедрению и замещению продукции иностранного производства.

Экспериментальные исследования фасадных конструкций высотой «на этаж» позволяют визуализировать работу конструкции при моделировании различных видов



Рис. 1. Испытательный стенд ИС-4 и экспериментальные образцы в процессе проведения испытаний

напряженного-деформированного состояния, наиболее близкого к действительной работе исследуемой конструкции, с учетом фактических характеристик материалов и недостатков монтажа, что является особенно актуальным при проведении поисковых задач, при разработке критериев оценки надежности конструкций новых видов.

С широким распространением новых видов материалов конструкций эксперимент является основным инструментом получения новых сведений, будь это проверка технических решений проекта или их разработка.

За последние три года проведены более 50 испытаний конструкций в натуральную величину, на основе которых получены данные о прочности и деформативности, несущей способности, разработаны предложения по усовершенствованию фасадных конструкций конкретных объектов строительства, разработаны предложения по внесению изменений в нормативно-технические документы, применение которых обеспечит долговечность фасадных конструкций на срок, сопоставимый со сроком службы зданий.

В настоящее время проводятся работы по совершенствованию материально-технической базы АО «НИЦ «Строительство» с целью внедрения автоматизированных систем сбора и обработки экспериментальных данных.

Проведение экспериментальных работ позволяет оперативно решать вопросы оценки прочности конструкций, обеспечить повышение надежности конструкции при эксплуатации, что сокращает затраты, снижает риск непредвиденных затрат и позволит направить ресурсы на другие задачи.

Выводы

1. Развитие фасадных конструкций, широкое применение материалов отечественного производства требует соответствия трендам развития строительной отрасли, в том числе при импортозамещении, готовности обеспечить строительный комплекс необходимыми исследованиями.

2. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проводит на постоянной основе экспериментальные исследования фасадных конструкций в натуральную величину.

3. Эксперимент является объективным инструментом оценки надежности строительных контракций, что особенно актуально при внедрении новых изделий, материалов и конструкций. Реальная работа фасадных конструкций под нагрузкой может быть реализована только при

проведении эксперимента, причем для фасадных конструкций только в сборе, в проектном положении. С целью набора статистических данных эксперимент должен быть многократно повторяем.

4. Расчетно-аналитическая оценка несущей способности фасадных конструкций для объекта проектирования должна проводиться с учетом результатов испытаний.

EXPERIMENT AS A BASIS

Zakharov Vladimir A. (zv8558@mail.ru)

Deputy Head of the Laboratory of Reliability of Facades and Thermal Insulation Facade Systems

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

УДК 699.81

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-171>

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ И ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФАСАДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Комарова Мария Александровна

Заведующий лабораторией НЭБ ПБС

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

В рабочей документации на строительство фасадных систем в обязательном порядке должны быть указаны мероприятия по антикоррозионной защите и огнезащите всех деталей и элементов фасада.

СП 518.1311500.2022 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Обеспечение пожарной безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте» устанавливает требования пожарной безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте навесных фасадных систем, а также перечень необходимых показателей пожарной опасности строительных материалов, входящих в состав конструкций навесных фасадных систем.

СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» устанавливает целый ряд требований к обеспечению коррозионной стойкости к металлическим элементам фасадных конструкций. Все применяемые в строительстве фасадов материалы должны иметь соответствующие паспорта качества, указывающие на марку стали или сплава. Системы несущих фасадных профилей должны иметь экспертные заключения о коррозионной стойкости и долговечности конструкций, выданные соответствующими аккредитованными организациями.

УДК 699.88

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-172-174>

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ ОБЛИЦОВКИ ФАСАДОВ

Кошелева Лидия Ивановна

Главный специалист лаборатории обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Костюк Алексей Олегович (1747872@mail.ru)

Инженер лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Аннотация

Современные архитектурные решения предполагают использование крупноформатных облицовочных изделий различных цветовых оттенков.

В разных районах Москвы в новостройках стали проявляться идентичные повреждения облицовочного слоя. В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко обратились за помощью в решении данной проблемы.

Специалистами была проведена работа по обследованию облицовки фасадов зданий одного из жилых комплексов Москвы, а также анализ проектной документации и лабораторные испытания фрагментов облицовки.

Выявлена проблема возникновения трещин в облицовочном слое, при том, что фасад был смонтирован с соблюдением требований проекта. По результатам расчета не было предпосылок образования трещин.

Проанализирована работа конструкций НФС с крупноформатной облицовкой с целью выявления причин трещинообразования. Проведены исследования, получены результаты лабораторных испытаний, подтверждающие ошибки, допущенные при проектировании и строительно-монтажных работах.

Ключевые слова: навесная фасадная система, крупноформатные фиброцементные плиты, обследование технического состояния облицовки здания, проектирование навесных фасадных систем, ошибки монтажа, технические решения, коэффициент термического расширения, экспериментальные исследования, методы испытаний

Широкое применение получили НФС с облицовкой из тонких крупноформатных фиброцементных плит с габаритами 1,5 на 3,0 м, толщиной 8–12 мм. Плиты на 85–90 % состоят из цемента и на 10–15 % из минеральных добавок и фибры – целлюлозных, синтетических или минеральных волокон как армирующего компонента. На лицевую поверхность наносится водоотталкивающий слой из акрила или полиуретана, обратная сторона покрывается краской.

Фиброцементные плиты обладают высокой прочностью на сжатие (45 МПа) и изгиб (22,9 МПа), морозостойкостью (F1150), огнестойкостью (R0) и звукоизоляцией. Большой формат плит позволяет реализовать эффективные архитектурные решения, а также увеличить скорость монтажа.

Работа по обследованию облицовки жилого комплекса крупноформатными фиброцементными плит в условиях эксплуатации в летний период в Москве.

Отличительной особенностью фасад-

ных конструкций объекта является применение крупноформатных изделий из фиброцементных плит различной цветовой гаммы (белых, серых, оранжевых, красных и черных цветов).

Анализ технических решений крепления фиброцементной плиты к металлической подконструкции подтвердил нарушение проектных допусков при производстве работ.

Имеет место жесткое закрепление облицовочного элемента в геометрическом центре плиты.

К основным повреждениям конструкций, выявленным в ходе обследования фасадов здания, относятся скол плит в угловых зонах, горизонтальные и вертикальные трещины, сколы и трещины в зоне расположения заклепок, коробление облицовочных плит с выпучиванием в сторону улицы.

Было отмечено, что основная часть повреждений приходится на плиты темных оттенков, плиты же белого цвета видимых повреждений не имеют.

Проведены испытания образцов черного и красного цвета с оценкой температурно-влажностного режима при эксплуатации.

В ходе проведения испытаний все образцы в лабораторном сушильном шкафу нагревались до 90 °С. Далее нагретые образцы фиксировались на лабораторном штативе и проводились замеры деформаций и коэффициента теплового линейного расширения

В результате лабораторных испытаний было установлено, что коэффициент теплового линейного расширения различный в продольном и поперечном направлениях, разброс составляет 50–80 %. Полученный разброс значений коэффициента линейного расширения плит инициирует их коробление и растрескивание.

Проводились испытания по определению влияния температуры при нагревании поверхности изделий из фиброцементных плит в зависимости от цветовой гаммы при совместном воздействии температуры окружающего воздуха, влажности и сол-

нечной радиации в естественных условиях окружающей среды. Было произведено порядка 150 измерений.

Опыты выполнялись в период июля-августа 2022 года при средних дневных температурах наружного воздуха +30 °С.

Анализ результатов замеров позволяет отметить, что при облачной погоде, при отсутствии прямого воздействия солнечных лучей на поверхность образцов температура поверхности фиброцементных плит соответствует температуре окружающего воздуха или превышает ее не более чем на 30 %. В жаркую солнечную погоду температура поверхности экспериментальных образцов превышает температуру окружающего воздуха в два раза – на 100 %. При этом относительная влажность воздуха не оказывает существенного влияния на приведенные величины температур поверхности. Следует отметить, что, исходя из экспериментальных данных, поверхность плит темного цвета нагревается на 20 % сильнее, чем поверхность плит красного оттенка в связи с большим поглощением теплоты прямой солнечной радиации.

Заключение

1. Проведен комплекс исследований, направленных на оценку совместной работы крупноформатной облицовки из фиброцементных плит на металлической подконструкции.

2. Определены причины появления дефектов и повреждений в конструкциях и облицовочных элементах в зависимости от цвета.

3. При определении коэффициента теплового расширения необходимо учитывать аномалии и пиковые перепады температур, которые для Московского региона могут составлять 81 °С.

INFLUENCE OF CLIMATIC INFLUENCES ON FACADE CLADDING ELEMENTS

Kosheleva Lidiya I.

Chief Specialist of the Laboratory of Inspection and Durability Assurance of Concrete and Reinforced Concrete Structures

NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Kostyuk Aleksey O. (1747872@mail.ru)

Engineer of the Laboratory of Reliability of Thermal Insulation of Facades and Facade Systems

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

УДК 692.23

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-175-176>

ФАСАДЫ. ОТ ОБЛИЦОВКИ К КОНСТРУКЦИЯМ

Павлова Марина Олеговна (mp1552@mail.ru)

Кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обзор фасадных конструкций в период 1770–2023 гг. Рассмотрены новые материалы и конструкции в отделке наружных стен зданий. Сформулированы основные сложности и задачи при проектировании конструкций фасадов зданий, перспективные направления развития.

Ключевые слова: фасадные конструкции, прочность и долговечность конструкций, лабораторные испытания фрагментов конструкций, навесные фасадные системы, кирпичная облицовка наружных стен зданий, металлические подконструкции, новые виды облицовочных материалов, инновационные фасады

Введение

Многообразие архитектурных стилей и направлений имеет место как в современной застройке, так и в застройке 18 века в России. Архитекторы всегда стремились к тому, чтобы здания отличались индивидуальностью и архитектурной выразительностью.

Проведенный обзор отделки фасадов в Москве с 18 века по 2023 г. дает возможность оценить многообразие возводимых конструкций и сформулировать основные цели, задачи, тенденции развития и проблемы, которые возникают при проектировании сегодня.

К основным вопросам, которые должны решаться при проектировании, необходимо отнести визуальное восприятие зданий, их индивидуальность, сложность технических решений с точки зрения возведения, ремонтпригодность конструкций, их долговечность и надежность.

Фасады сегодня

Толчком к развитию фасадного рынка в России послужило повышение почти в 2 раза требований к теплотехническим характеристикам ограждающих конструк-

ций в 1997–2000 гг. Невозможность обеспечить требуемые показатели с применением типовых ограждающих конструкций (например, панельное домостроение типовой застройки 1980-х годов) послужила толчком к применению новых материалов и конструкций в отделке зданий. Применение многослойных наружных стен с внутренним слоем из эффективной теплоизоляции в сочетании с декоративной отделкой из кирпича стало началом новой эпохи.

Облицовка в период с 2000 г. – это отдельно стоящая самостоятельная конструкция из кирпича, закрепляемая на собственном металлическом каркасе.

В 1770-х годах строились здания монументальные, в стиле псевдоготики и классицизма, высотой максимально 4 этажа. Все декоративные и архитектурные элементы (ротонды, пилястры, карнизы) были выполнены из полнотелого керамического кирпича, а поверхности оштукатурены и окрашены. При ремонте подобных конструкций достаточно демонтировать слой облицовки и выполнить новую. В современной практике строительства на опорные металлические конструкции,

располагаемые на отnose от стены, выполняется монтаж декоративных элементов облицовки, при этом отnose от стены может составлять до 1,5 м. Стиль современной застройки – био-тек конструктивизм, хайтек, стеканизм, хаотизм.

Фасадные конструкции, ограждающие конструкции, наружные стены в современном высотном домостроении становятся синонимами. При полном отсутствии ремонтпригодности, из-за сложных технических решений ограждающих конструкций с декоративным слоем, разработчики выполняют проекты уникальных зданий высотой до 200 м с применением инновационных материалов, таких как кладка толщиной 50 мм, пиксельная кладка, 3D-конструкции, стеклянный кирпич, крупноформатные стеклофибробетонные и композитные панели.

Применение новых конструкций на фасадах зданий требует оценки прочности и деформативности соединений и основных узлов, расчетного обоснования запроектированных конструкций и подтверждения возможности применения новых материалов и конструкций на фасадах зданий в заявленных условиях эксплуатации.

Основные фасадные конструкции на 2023 г.: вентилируемые фасады (НФС с различными видами облицовки); фасады с кирпичной облицовкой (толщиной облицовочного слоя 50–250 мм); штукатурные фасады (СФТК – легкие, яркие); витражи, остекление (стиль – био-тек конструктивизм, стеканизм, хайтек); инновационные фасады (функциональные, архитектурные); комбинированные конструкции (по конструкциям и материалам).

К отличительным чертам современных фасадных конструкций следует относить индивидуальный яркий проект (архитектурная привлекательность в сочетании со сложными техническими решениями); возведение зданий высотой до 200 м; уменьшение толщины облицовочного слоя (применение опорных металлических подконструкций); укрупнение размеров облицовочных материалов (элементы до 5 м высотой); сочетание различных комбинаций

материалов и фасадных систем при отделке зданий в одном проекте; наращивание темпов строительства, запараллеливание технологических процессов; широкое применение инновационных систем и материалов в отделке фасадов.

Основные сложности, с которыми сталкиваются специалисты ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко при проектировании и разработке новых фасадных конструкций, связаны как с оценкой надежности, так и с необходимостью внесения дополнений в рабочую документацию (как закрепить, как эксплуатировать и как отремонтировать то, что придумано разработчиками и пытаются реализовать авторы проекта).

Специалистами нашей лаборатории выпущена программа мониторинга и разработан порядок проведения технического обслуживания подобных зданий. В настоящее время ведутся работы по мониторингу уже заселенных жилых комплексов. Проводится комплекс лабораторных испытаний фрагментов фасадных конструкций как малых размеров, так и высотой до 4,5 м.

Заключение

Эволюция фасадов очевидна – это новые конструкции, новые материалы, новые подходы в проектировании и возведении конструкций. Что объединяет фасады 18 века и современные фасадные конструкции? Надежность, прочность и долговечность. Только совместными усилиями проектных компаний, научно-исследовательских организаций и строительно-монтажных подразделений можно решить комплексные задачи, возникающие при создании и внедрении новых конструкций.

УДК 691.342

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-177-179>

НАВЕСНЫЕ ФАСАДНЫЕ ПАНЕЛИ ИЗ ПОЛИМЕРБЕТОНА

Тучин М.А. (m.tuchin@cniipz.com)

Заведующий сектором

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Авдеев К.В. (6136133@mail.ru)

Заместитель генерального директора-главный инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Кудрявцев Н.А. (n.kudryavtsev@cniipz.com)

Инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Бобров В.В. (vbobrov1985@bk.ru)

Заведующий сектором

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Домарова Е.В. (cathie_p@mail.ru)

Инженер

АО «ЦНИИПромзданий»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: плоские декоративно-облицовочные панели, полимербетон, прочность, плотность, модуль упругости, коэффициент Пуассона, испытания панелей на ветровую нагрузку

Внешний вид здания определяет первичное восприятие объекта. Конструктивные характеристики фасада и наружная отделка влияют на архитектурно-художественное представление здания, которое определяется множеством параметров, таких как тип строительного материала, метод обработки поверхности, цветовая схема, освещение и другие аспекты.

В настоящее время российские и зарубежные производители предлагают большое разнообразие фасадных навесных панелей [1, 2]. Данный вариант отделки фасада достаточно распространен благодаря следующим преимуществам: низкий собственный вес, возможность имитации

внешнего вида дорогостоящих натуральных отделочных материалов, устойчивость к внешним климатическим воздействиям, отсутствие необходимости в подготовительных работах, а также возможность монтажа при различных погодных условиях, возможность установки утеплителя под панели для уменьшения теплопотерь и увеличения класса энергоэффективности здания. Стоимость и характеристики фасада определяются материалом, из которого изготавливаются панели.

Отечественные и зарубежные производители предлагают стеновые фасадные панели из относительно нового материала – полимербетона [3].

В марте 2023 года испытательная лаборатория АО «ЦНИИПромзданий» успешно завершила серию испытаний на прочность и деформативность плоских декоративно-облицовочных панелей со способом крепления через закладной элемент, выполненных из полимербетона.

Был проведен ряд испытаний с целью верификации аналитических моделей и подтверждения механической надежности панелей и их системы крепления. Экспериментальное исследование было направлено на определение прочностных свойств декоративно-облицовочных панелей с длиной до 3,7 метров и последующую оценку возможности их применения в условиях города Москвы и районов с сопоставимой ветровой нагрузкой.

В цикл испытаний вошли испытания по определению модуля упругости и коэффициента Пуассона материала, испытания на срез, продавливание и отрыв закладного элемента, испытания панелей на вертикальную нагрузку, отрицательную и положительную ветровые нагрузки. Модуль упругости по результатам испытаний составил $E = 11\ 300$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,284$.

В результате полученных данных были построены математические модели, на которых были подобраны эквивалентные нагрузки, характерные для данных типов конструкций. Проведены серии испытаний по узлам крепления и полноразмерным конструкциям.

Система крепления панелей устроена таким образом, что собственный вес панелей и действующая вертикальная нагрузка передавались на верхний ряд кронштейнов. В процессе нагружения панели вертикальной нагрузкой было отмечено, что при достижении определенных перемещений действующая нагрузка начинает передаваться не только на верхний ряд кронштейнов, но и на нижние ряды. В результате панель и система кронштейнов могут выдерживать значительно большую нагрузку, чем расчетная. Например, при ориентировочной расчетной нагрузке в 5,1 кН панель выдержала нагрузку в

17,65 кН. Однако при достижении максимальной нагрузки были отмечены деформации в подсистеме панели, дальнейшее нагружение не проводилось в связи с отсутствием эксплуатационной необходимости.

Вывод

Цикл испытаний плоских декоративно-облицовочных панелей из полимербетона показал, что данный тип панелей имеет высокие прочностные характеристики и является перспективным вариантом фасадных стеновых навесных панелей. Экспериментальным путем было подтверждено, что изделия из полимербетона подобной конструкции длиной до 3,7 м с креплением через закладной элемент могут использоваться при проектировании и строительстве навесных фасадных систем при пиковых нагрузках 120 кг/м².

Список литературы

1. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2020. № 4. С. 55–61.
2. Алиев С.А. Материал облицовочных панелей как основа типологического разнообразия навесных фасадных систем // *Архитектура и дизайн*. 2020. № 1. С. 1–14. DOI: 10.7256/2585-7789.2020.1.35714
3. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 5-1. С. 245–256.

SUSPENDED FACADE PANELS MADE OF POLYMER CONCRETE

Tuchin M.A. (m.tuchin@cniipz.com)

Head of the Sector

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Avdeev K.V. (6136133@mail.ru)

Deputy General Director-Chief Engineer

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Kudryavtsev N.A. (n.kudryavtsev@cniipz.com)

Engineer

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Bobrov V.V. (vbobrov1985@bk.ru)

Head of the Sector

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Domarova E.V. (cathie_p@mail.ru)

Engineer

JSC TSNIIPromzdaniy

Moscow, Russian Federation

Keywords: flat decorative facing panels, polymer concrete, strength, density, modulus of elasticity, Poisson's ratio, testing of panels for wind load

УДК 691

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-180>

НАУЧНЫЙ ПОДХОД ПРИ ЛЕГАЛИЗАЦИИ СКРЫТОГО КРЕПЕЖА ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цыкановский Евгений Юльевич

Кандидат технических наук, председатель Совета директоров
ООО ГК «ДИАТ»

Москва, Российская Федерация

Компания ДИАТ разработала, запатентовала и запустила в массовое производство скрытый крепеж для листовых облицовочных материалов. Область применения – НФС и внутренняя отделка зданий.

Прежде чем выпустить продукт на рынок, мы провели комплексное тестирование, в которое входило:

1. Проведение прочностных испытаний.

В процессе испытаний мы, совместно с ИЦ «Технополис», не только разработали методику, но и получили большую базу данных о поведении крепежа. Более того, были проведены испытания материалов, обладающих анизотропными свойствами. Было доказано, что при помощи этого крепежа возможно безопасно крепить материалы толщиной в 8 мм, что выгодно отличает его от импортных аналогов.

2. Проведение комплексных полномасштабных пожарных испытаний по ГОСТ 31251-2008.

Было проведено 11 таких испытаний, которые позволили уточнить методику установки крепежа, а также доказали его безопасность при пожаре.

3. Комплексное изучение долговечности и коррозионной стойкости.

Были проведены не только испытания самого крепежа, выполненного из корро-

зионностойкой стали, но и определено его поведение в местах соединения с заклепками, самонарезающими винтами и профилями. Более того, были разработаны рекомендации по выбору материалов при эксплуатации крепежа в различных условиях.

4. Совместно с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко были проведены испытания на определение стойкости конструкций НФС с этим крепежом на действие сейсмических нагрузок. Было доказано, что облицовку на НФС с таким крепежом можно использовать в зонах с нагрузкой до 9 баллов.

5. Совместно с ЦФС была разработана подробная инструкция по монтажу и эксплуатации крепежа

6. Была разработана и запатентована ремонтная технология, позволяющая заменить в случае необходимости любой лист облицовки без разбора всей системы в целом.

Все это в комплексе позволило убедиться в том, что представляемый на рынок крепеж не только не хуже, но и по многим параметрам превышает по своим ценовым и эксплуатационным характеристикам импортные аналоги.

ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.841.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-181-182>

О РАЗРАБОТКЕ СП «КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ. ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ»

Ведяков Иван Иванович

Доктор технических наук, профессор, директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Кривцов Юрий Владимирович

Доктор технических наук, профессор, руководитель НЭБ ПБС
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Гришин Илья Александрович

Заведующий лабораторией
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Стрекалев Александр Николаевич

Заведующий сектором
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко совместно со специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России, ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», ФГАОУ ВО СПбПУ разработана первая редакция проекта СП «Конструкции стальные строительные. Правила обеспечения огнестойкости» (далее – свод правил, СП).

При разработке СП использованы результаты выполненной в 2021 году комплексной НИОКР: «Исследование механических свойств основных марок строительных сталей (включая огнестойкие) при повышенных температурах».

Разработка СП направлена на дальнейшее совершенствование системы противо-

пожарного нормирования в строительстве, оптимизацию подходов к обеспечению огнестойкости зданий и сооружений, стальных несущих конструкций. Актуальность разработки обусловлена необходимостью урегулирования следующих вопросов:

– разработки нормативного документа по пожарной безопасности, устанавливающего расчетно-аналитический метод определения пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой по признаку потери несущей способности (R) в соответствии с частью 10 статьи 87 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1];

– установления порядка определения огнезащитной эффективности средства огнезащиты экспериментальным путем по расширенной программе и освещения этих данных в технической документации на средство огнезащиты в соответствии с пунктами 19, 20 раздела V Технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) [2];

– определения порядка выработки оптимальных проектных решений по способам и средствам обеспечения требуемого предела огнестойкости стальных конструкций;

– применения огнестойких сталей как одного из способов обеспечения требуемых пределов огнестойкости;

– установления температурных коэффициентов снижения механических свойств различных видов строительных сталей в целях их применения при выполнении прочностных расчетов.

Проект СП после его принятия позволит урегулировать ряд вопросов обеспечения огнестойкости стальных конструкций, в том числе связанных с применением средств огнезащиты, применением огнестойких сталей, определением пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой расчетно-аналитическим методом. Ожидаемый положительный эф-

фект от применения СП заключается в существенном упрощении и повышении качества выработки технических решений по выбору способов и средств обеспечения требуемого предела огнестойкости стальных конструкций. Оптимизируется прочностной расчет стальных конструкций, результатом которого является определение критической температуры. Теплотехническая задача имеет два варианта решения, результатом которых является время прогрева стальной конструкции с огнезащитой до критической температуры (предел огнестойкости). При этом на производителей средств огнезащиты возлагается обязанность предоставления расширенных данных об их огнезащитной эффективности, что позволит при проектировании зданий и сооружений обеспечить оптимальный выбор средств огнезащиты и толщину огнезащитного покрытия без проведения дополнительного теплотехнического расчета.

Список литературы

1. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ТР ЕАЭС 043/2017. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения».

УДК 699.81

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-183>

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАРКАСНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Гришин Илья Александрович

Заведующий лабораторией

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Каркасное домостроение. Актуальное направление в жилищном строительстве. Сокращение стоимости и сроков строительства.

Материалы и технологии, применяемые в каркасном домостроении.

Нормативно-правовые аспекты регулирования жилого строительства с точки зрения пожарной безопасности. Требования к материалам и конструкциям.

Стандартизация производства. Проблемы повышения характеристик пожарной

безопасности типовых конструкций панелей и каркаса зданий. Конструктивные решения и применение новых материалов.

Разработка новых методов исследования материалов и конструкций, позволяющих провести предварительную оценку нормируемых показателей пожарной опасности. Проведение расчетов огнестойкости и пожарной опасности конструкций, подтверждение расчетных моделей натурными испытаниями фрагментов строительных конструкций.

APPLICATION OF FIRE-PROOF MATERIALS IN FRAME HOUSE-BUILDING

Grishin Ilya A.

Head of the Laboratory

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Frame-housing construction. The current trend in residential construction. Reducing the cost and construction time.

Materials and technologies used in frame-housing construction.

Regulatory and legal aspects of residential construction regulation in terms of fire safety. Requirements for materials and structures.

Production standardization. Problems of improving the fire safety characteristics of typical structures of panels and building

frames. Structural solutions and application of new materials.

Development of new methods for the study of materials and structures, allowing for a preliminary assessment of the normalized fire hazard indicators. Carrying out calculations of fire resistance and fire hazard of structures, confirmation of the calculated models by full-scale tests of fragments of building structures.

УДК 614

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-184-185>

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПРОДЛЕНИЕ СРОКОВ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Еремина Галина Петровна

Заведующий лабораторией проектирования и мониторинга систем противопожарной защиты НЭБ ПБС

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Пожарная безопасность зданий и сооружений обеспечивается за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения параметров состояния и эксплуатационных свойств огнезащитных покрытий, которые могут способствовать снижению огнестойкости несущих стальных, ж/б, деревянных конструкций, инженерного оборудования, электрических кабелей, воздухопроводов и др.

Огнезащитные материалы или конструкции, обработанные ими, подвергаются целому комплексу функциональных нагрузок и воздействий со стороны окружающей среды. Оценка сохранения огнезащитной эффективности покрытий строительных конструкций в процессе их эксплуатации является одной из составных частей общей системы мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Гарантийный срок службы огнезащитного покрытия в условиях эксплуатации напрямую связан со сроком эксплуатации самих зданий и сооружений. В связи с тем что огнезащитные покрытия эксплуатируются десятки лет, возникает необходимость в обеспечении стабильности их огнезащитных свойств, параметров и характеристик. Данную задачу решает периодический мониторинг технического состояния огнезащитных покрытий в течение всего срока службы. Специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработан

СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные. Мониторинг технического состояния», который устанавливает порядок проведения мониторинга, методы и критерии оценки технического состояния огнезащитных покрытий в течение всего срока службы, принятие обоснованных технических решений по ремонтно-восстановительным мероприятиям.

Для установления срока службы огнезащитных покрытий, как правило, используют два подхода: ускоренные климатические испытания и натурные испытания непосредственно на строительных конструкциях в условиях их эксплуатации. На основе полученных экспериментальных данных определяется скорость уменьшения огнезащитных свойств и прогнозируется время, по истечении которого огнезащитное покрытие считается неэффективным.

Специалисты ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в течение длительного времени проводили исследования, имеющие своей целью продление сроков эксплуатации огнезащитных покрытий, что является экономически выгодным для различных сооружений и зданий, в том числе промышленных предприятий с действующим оборудованием.

Учитывая, что пунктом 13 Правил противопожарного режима от 16.09.2020 № 1479 предусмотрено ежегодное проведение проверки состояния огнезащитных

покрытий, до их замены в установленном порядке, продлить срок эксплуатации огнезащитных покрытий возможно на один год.

Порядок, методы контроля и лабораторных исследований, критерии оценки технического состояния огнезащиты приведены в СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные. Мониторинг технического состояния».

УДК 699.81

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-186-187>

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Ладыгина Ирина Романовна

Кандидат технических наук, заместитель руководителя НЭБ ПБС
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Кривцов Юрий Владимирович

Доктор технических наук, профессор, руководитель НЭБ ПБС
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Доклад посвящен актуальной теме обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения. Доля несущих строительных конструкций с предельными значениями пределов огнестойкости постоянно увеличивается. Это связано с реализацией технически сложных конструктивных решений зданий и сооружений, увеличения их габаритов, этажности.

Одной из значимых причин снижения последствий пожара является реализация новых средств огнезащиты и совершенствование методов контроля их качества и сохранности свойств в процессе длительной эксплуатации. Основные требования мониторинга изложены в СП 432.1325800.2019.

При этом имеются жесткие ограничения по массе огнезащитных покрытий, обеспечивающих требуемую огнестойкость конструкций. Поэтому разработка высокоэффективных огнезащитных составов, удовлетворяющих комплексу современных требований, представляет сложную многофакторную задачу, которая решена на основании результатов многолетних научно-исследовательских работ.

В НЭБ ПБС специалисты создали обоснованную систему разработки огнезащитных составов на основе принципов оптимизации рецептуры.

Исследование механизмов термического разложения материалов, фазовых пре-

вращений, изменения теплофизических параметров при деструкции многокомпонентных рецептур позволили определить области эффективного использования различных огнезащитных составов

В результате создано более 30 марок составов, каждый из которых имеет свои преимущества в зависимости от требований пожарной безопасности и условий эксплуатации для конкретного строительного объекта.

Несомненный интерес представляют результаты исследований функционирования защитных покрытий в условиях «углеводородного» пожара, характеризующегося резким, практически скачкообразным ростом температуры среды.

При проектировании огнестойких несущих стальных конструкций необходимо руководствоваться СП «Конструкции стальные строительные. Правила обеспечения огнестойкости», в котором впервые представлены разделы: «Прочностной (статический) расчет» и «Теплотехнический расчет».

В соответствии с разделом «Прочностной расчет» нагрузки на конструкцию следует принимать в соответствии с СП 20.13330 как для особого сочетания нагрузжений. Значения нагрузок при расчете принимаются равными их нормативным значениям (с коэффициентами надежно-

сти по нагрузке равными 1,0). Не допускается принимать нагрузки на конструкцию, при которых критическая температура, определяемая по результатам прочностного расчета, будет ниже 350 °С.

Расчет несущей способности стальной конструкции и узлов крепления выполняется по СП 16.13330, при этом расчетные прочностные характеристики материалов принимают равными их нормативным значениям.

«Теплотехнический расчет» заключается в определении времени прогрева стальных конструкций с огнезащитой или без огнезащиты от начала температурного воздействия до определенной (критической) температуры. При этом температура стальных конструкций при воздействии пожара принимается равномерно рас-

пределенной по сечению. Время прогрева стальной конструкции до критической температуры является ее пределом огнестойкости.

Для конструкций без огнезащиты время прогрева определяется с использованием графиков (номограмм) прогрева стальных конструкций различной приведенной толщины или расчетным методом.

В заключение необходимо отметить, что работы по определению возможности применения огнезащитных материалов регламентированы Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017).

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 67.11.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-188-190>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ, УСИЛЕННОЙ ИНЪЕКЦИЕЙ РАСТВОРА В СОЧЕТАНИИ С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Ищук Михаил Карпович (kamkon@yandex.ru)

Доктор технических наук, заведующий лабораторией
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ищук Евгений Михайлович (ruskon@inbox.ru)

Заведующий группой
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: методы усиления, инъекция кирпичной кладки, косвенное армирование, восстановление кладки на участках вычинки, историческая кладка

Введение

Объектом исследования являются стены из каменной кладки, усиленные инъекцией раствора под давлением. В ряде случаев усиление выполняется в сочетании с косвенным армированием, выполняемым из стальных шпилек, устанавливаемым в пробуренные в кладке отверстия. Особое внимание уделено исследованию прочности и деформаций исторической кладки.

Цель

Получение прочностных и деформационных характеристик кладки, в том числе из исторического кирпича на известковом растворе, получение коэффициентов увеличения прочности кладки в зависимости от прочности кладочного раствора и вида инъекционного раствора, оценка эффективности различных видов косвенного армирования.

Материалы и методы

Образцы выполнялись из исторического и современного полнотелого керамического кирпича на известковом и цементно-

песчаном растворе в виде столбов и стенок.

Исследование кладки, усиленной инъекцией, производилось в два этапа. На первом этапе испытывались на сжатие образцы из неусиленной кладки. После потери несущей способности образцы с трещинами усиливались инъекцией раствора. На втором этапе испытывались усиленные образцы.

Выполнена оценка качества восстановления «старой» кладки с помощью «новой» на участках вычинки дефектных или утраченных кирпичей. Образцы испытывались вертикальной равномерно распределенной нагрузкой и на местное сжатие.

Исследовалась эффективность косвенного армирования кладки стальными шпильками, устанавливаемыми в пробуренные в кладке отверстия.

Результаты

Получены зависимости коэффициента увеличения прочности усиленной инъекцией кладки от прочности кладочного раствора для кладки с множественными силовыми трещинами.

Выводы

Показано, что «новая» кладка на участках восстановления «старой» кладки с вычинкой дефектных кирпичей включается в работу не полностью. Для полноценного обеспечения ее совместной работы со «старой» кладкой целесообразно восстановление монолитности кладки инъекцией раствора в сочетании с конструктивным косвенным армированием.

Получены коэффициенты, характеризующие увеличение прочности усиленной косвенным армированием кладки в зависимости от процента армирования кладки, способа анкеровки шпилек с установкой или без стальных шайб на концах шпилек, установки их на клею.

Показаны знаковые объекты, на которых велось научно-техническое сопровождение работ по усилению (ЦВЗ «Манеж», Большой театр, Московский Кремль – Сенатский корпус, Грановитая палата, Большой кремлевский дворец и др.).

Впервые в отечественной практике получены прочностные и деформационные характеристики кладки из исторического кирпича, усиленной различными методами и материалами, совместимыми с исторической кладкой, произведена оценка эффективности методов усиления, полученные результаты использованы в СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления».

EXPERIMENTAL STUDIES OF MASONRY REINFORCED BY MORTAR INJECTION IN COMBINATION WITH INDIRECT REINFORCEMENT

Ishchuk Mikhail K. (kamkon@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Ishchuk Evgeny M. (ruskon@inbox.ru)

Head of the Group
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforcing methods, masonry injection, indirect reinforcement, masonry restoration in patched areas, historical masonry

Introduction

The object of the study is masonry walls reinforced by the injection of mortar under pressure. In some cases, reinforcement is carried out in combination with indirect reinforcement, made of steel studs, installed in holes drilled in the masonry.

Particular attention is paid to the study of the strength and deformation of historical masonry.

Aim

Obtaining the strength and deformation characteristics of masonry, including those from historical bricks on lime mortar, obtaining coefficients for increasing the strength of masonry depending on the strength of the masonry mortar and the type of injection mortar, evaluating the effectiveness of various types of indirect reinforcement.

Materials and methods

Samples were made from historical and modern full-bodied ceramic bricks on lime and cement-sand mortar in the form of pillars and walls.

The study of masonry reinforced by injection was carried out in two stages. At the first stage, samples from unreinforced masonry were tested for compression. After the loss of bearing capacity, the samples with cracks were strengthened by injection of the solution. At the second stage, reinforced samples were tested.

An assessment was made of the quality of the restoration of the “old” masonry of the “new” masonry in areas where defective or lost bricks were repaired. The samples were tested with a vertical uniformly distributed load and local compression.

The effectiveness of indirect reinforcement of the masonry with steel studs installed in holes drilled in the masonry was studied.

Results

Dependences of the coefficient of increase in strength by reinforced injection of masonry on the strength of masonry mortar for masonry with multiple force cracks were obtained.

It is shown that the “new” masonry in the areas of restoration of the “old” masonry with the repair of defective bricks will not be fully included in the work. To fully ensure its joint

work with the “old” masonry, it is advisable to restore the solidity of the masonry by injection of mortar in combination with constructive indirect reinforcement.

Coefficients have been obtained that characterize the increase in the strength of masonry reinforced with indirect reinforcement depending on the percentage of masonry reinforcement, the method of anchoring the studs with or without steel washers at the ends of the studs, and installing them on glue.

Significant objects are shown, on which scientific and technical support of strengthening works was carried out (Central Exhibition Hall “Manege”, the Bolshoi Theater, the Moscow Kremlin: the Senate Palace, the Faceted Chamber, the Grand Kremlin Palace, etc.).

Conclusions

For the first time in national practice, the strength and deformation characteristics of historical brick masonry, reinforced by various methods and materials compatible with historical masonry, were obtained, the effectiveness of reinforcement methods was evaluated, and the results obtained were used in SP 427.1325800.2018 “Masonry and reinforced masonry structures. Methods of strengthening”.

УДК 67.11.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-191-193>

ПРЕДЛОЖЕНИЯ В СП 427.1325800 «КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ»

Ищук Михаил Карпович (kamkon@yandex.ru)

Доктор технических наук, заведующий лабораторией
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ищук Евгений Михайлович (ruskon@inbox.ru)

Заведующий группой
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: методы усиления, методы расчета, историческая кладка, Венецианская хартия

Введение

Объектом исследования являются каменные стены исторических зданий, методы их усиления и расчета.

Цель

Разработка предложений в нормативные документы по выбору методов оценки несущей и эксплуатационной пригодности каменных конструкций исторических зданий, методики их расчета и способам усиления, совместимых с исторической кладкой, выработка концепции по необходимости и достаточности способов усиления в соответствии с Венецианской хартией.

Материалы и методы

На примере Большого театра показан алгоритм расчета здания с учетом этапности его реконструкции:

- 1 этап (перед реконструкцией) с учетом существовавших трещин;
- 2 этап (начало реконструкции) на неравномерные осадки основания (старые трещины отремонтированы и из расчетной схемы исключены);
- 3 этап (после переноса здания на постоянные опоры);
- 4 этап (на эксплуатационные нагрузки);

– 5 этап – расчет стен и сводов на внецентренное сжатие по полученным из четвертого этапа усилиям.

Деформационные характеристики кладки назначались с учетом ползучести в зависимости от времени начала и окончания роста нагрузки.

Образование трещин приводит к перераспределению усилий между стенами. При проверке сечений по прочности рассматривается наихудший вариант – с учетом образования трещины или нет.

Особенности оценки несущей способности каменных конструкций исторических зданий.

При оценке прочности кладки следует учитывать ее качество – коэффициент «рука каменщика», который изменяется в 1,5 раза в зависимости от качества. В нормах принят равным единице.

При отсутствии трещин напряжения в исторической кладке не превышают 60 % от временного сопротивления.

Результаты

Показана некорректность предложений по усилению кладки без множественных силовых трещин инъекцией раствора независимо от его состава. Усиление отдельных деформационных трещин не позволяет го-

ворить о повышении несущей способности кладки и способствует лишь восстановлению ее монолитности.

Предложен алгоритм расчета зданий при реконструкции с учетом этапности возведения, конструктивной нелинейности (трещин), длительных деформаций кладки с учетом начала и окончания роста нагрузки.

Дано объяснение тому, почему во многих случаях здание не имеет существенных дефектов, но не проходит по результатам расчетов.

Показано, что исторические здания и их отдельные конструкции следует считать пригодными для эксплуатации при условиях, что:

- не обнаружено признаков значительного повреждения, разрушения, износа или деформации;
- не планируется вносить существенные изменения в условия эксплуатации конструкции, которые могут привести к значительному изменению воздействий;
- не происходит существенного изменения влияния окружающей среды на конструкцию или ее элементы.

Выводы

В новую редакцию СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления» предложено внести следующие положения:

– Укрепление памятника может быть обеспечено при помощи технологии консервации и строительства, эффективность которых подтверждена научными данными и гарантирована опытом.

– Необходимость проведения усиления конструкций должна быть обоснована. В случае отсутствия существенных дефектов кладки независимо от результатов расчетов в случае исторических зданий необходимость усиления считать необоснованной, если нагрузки и условия эксплуатации не изменяются. При этом должен быть организован мониторинг технического состояния памятника.

PROPOSALS IN SP 427.1325800 “MASONRY STRUCTURES. STRENGTHENING METHODS”

Ishchuk Mikhail K. (kamkon@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Ishchuk Evgeny M. (ruskon@inbox.ru)

Head of the Group
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: reinforcement methods, calculation methods, historical masonry, Venice Charter

Introduction

The object of the study is the brick masonry walls of historical buildings, methods of their strengthening and calculation.

Aim

Development of proposals for regulatory documents on the choice of methods for assessing the bearing and serviceability of

masonry structures of historical buildings, the methodology for their calculation and methods of strengthening compatible with historical masonry, developing a concept for the need and sufficiency of methods of strengthening in accordance with the Venice Charter.

Materials and methods

Using the example of the Bolshoi Theater, an algorithm for calculating a building is shown, taking into account the stages of its reconstruction:

- stage 1 (before reconstruction) taking into account the existing cracks;
- 2nd stage (beginning of reconstruction) for uneven subsidence of the base (old cracks are repaired and excluded from the design scheme);
- 3rd stage (after transferring the building to permanent supports);
- 4th stage (for operational loads);
- 5th stage – calculation of walls and vaults for eccentric compression according to the forces obtained from the 4th stage.

The deformation characteristics of the masonry were assigned taking into account creep, depending on the time of the beginning and end of the load growth.

The formation of cracks leads to a redistribution of forces between the walls. When checking cross-sections for strength, the worst case is considered – taking into account the formation of a crack or not.

Features of assessing the bearing capacity of masonry structures of historical buildings.

When evaluating the strength of the masonry, its quality should be taken into account – the “mason’s hand” coefficient, which varies by 1.5 times depending on the quality. In the norms, it is taken equal to one.

In the absence of cracks, the stresses in the historical treasure do not exceed 60% of the tensile strength.

Results

The incorrectness of proposals for strengthening masonry without multiple power cracks by injection of mortar, regardless of its composition, is shown. The

strengthening of individual deformation cracks does not allow us to speak about an increase in the bearing capacity of the masonry and only contributes to the restoration of its solidity.

An algorithm for calculating buildings during reconstruction is proposed, taking into account the stages of construction, structural non-linearity (cracks), long-term masonry deformations, taking into account the beginning and end of load growth.

An explanation is given why in many cases the building does not have significant defects, but does not pass according to the results of the calculations.

It is shown that historical buildings and their individual structures should be considered suitable for operation under the conditions that:

- there are no signs of significant damage, destruction, wear or deformation;
- it is not planned to make significant changes to the operating conditions of the structure, which can lead to a significant change in the impacts;
- there is no significant change in the influence of the environment on the structure or its elements.

Conclusions

In the new edition of SP 427.1325800.2018 “Masonry and reinforced masonry structures. Methods of strengthening” it is proposed to introduce the following provisions.

The strengthening of the historical buildings can be achieved with the help of conservation and construction technologies, the effectiveness of which is confirmed by scientific data and guaranteed by experience.

The need for structural reinforcement should be justified. In the absence of significant masonry defects, regardless of the results of calculations in the case of historical buildings, the need for reinforcement is considered unreasonable if the loads and operating conditions do not change. At the same time, monitoring of the technical condition should be organized.

УДК 539.3

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-194>

ДЕФОРМИРОВАНИЕ КЛАДКИ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КАМНЕЙ

Обозов Владимир Иванович

Доктор технических наук, профессор, заведующий сектором лаборатории КБиПЗ (№ 7)
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Пономарев Олег Иванович

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией КБиПЗ (№ 7)
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Иванова Александра Юрьевна

Инженер лаборатории КБиПЗ (№ 7)
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

За последние десятилетия в нашей стране и за рубежом проведено большое количество теоретических и экспериментальных исследований, касающихся оценки напряженно-деформированного состояния кладки стен зданий и сооружений из кирпича и камня, в том числе крупноформатного керамического, с учетом влияния вертикальных швов кладки, т. е. при рассмотрении двухосного напряженного состояния.

Использование такого подхода при построении расчетных моделей предусматривает возможность повышения расчетных нагрузок на конструкции зданий за счет учета работы не только горизонтальных, но и вертикальных швов.

Однако заполнение раствором вертикальных швов кладки из камня достаточно сложно, поэтому в последние годы при кладке стен зданий из камня применяются кладочные изделия с пазогребневым соединением вертикальных швов.

Вертикальные швы в такой кладке не заполняются раствором, поэтому между камнями остается зазор в несколько миллиметров.

Исследования влияния вертикальных швов «паз-гребень» на напряженно-деформированное состояние кладки под нагрузкой проведены на компьютерных объемных моделях.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

– напряжения в камнях кладки со швами «паз-гребень» насухо выше, чем в кладке с заполненным раствором вертикальными швами, которые способствуют большему перераспределению усилий;

– по схеме статической работы элементов кладки из керамических камней с вертикальными швами «паз-гребень» насухо кладка может быть отнесена к дискретно-континуальной системе, где дискретными элементами являются камни, а горизонтальные растворные швы вносят эффект континуальности.

Разработанная методика позволяет без расчета определять напряжения в камнях кладки с вертикальными швами в «паз-гребень» при незаполненных раствором вертикальных швах.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 692

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-195-196>

ЗАПРЕДЕЛЬНАЯ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Белый Григорий Иванович

Доктор технических наук, профессор

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Гарипов Азат Ильшатович

Ведущий инженер

ООО «НИПИ «ЭРКОН»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

В основу действующих норм расчета стальных конструкций СП 16.13330 заложен принцип оптимизации сечений, при котором предельная гибкость составляющих стержень пластинок устанавливается по предельному состоянию стержня в целом. Таким образом, предельные состояния по прочности и местной устойчивости или по общей и местной устойчивости могут наступить одновременно, что определяет необходимость учета потери местной устойчивости при рассмотрении предельных состояний.

Такой учет предложено производить, выделяя из сечения отдельные элементы – пластинки с различными условиями закрепления. Для определения зоны пластинки, выходящей из работы, предложено вычислять предельную гибкость пластинки по ее предельному деформированному состоянию, при этом ширина зоны по отношению к полной ширине пластинки определяется относительной разностью между фактической и предельной гибкостями. Расположение зоны редукции пластинки определяется в зависимости от условий ее закрепления и загрузки.

Алгоритм учета потери местной устойчивости использован для построения двух

методов: метода определения предельных НДС в поперечных сечениях элементов (при расчете по прочности при деформациях $\bar{\epsilon} = \epsilon \cdot E/R_y \geq 4$) и метода определения предельной несущей способности стержневых элементов после потери общей устойчивости. Каждый из двух методов позволяет найти деформированное состояние в сечении, которое соответствует заданной относительной деформации наиболее нагруженного волокна и некоторому набору силовых факторов, при этом для первого метода «Сечение» силовые факторы – это внутренние усилия в поперечном сечении, а для второго метода «Стержень» – это условия загрузки стержня на его концах. Расчет по деформациям позволяет определить нисходящую ветвь графика несущей способности при увеличении деформации наиболее нагруженного волокна. Методы построены в безразмерных параметрах и используют модель неограниченно-упругого стержня, а развитие пластических деформаций и выключение из работы части сечения учитывается эквивалентным догружением фиктивными силами, при этом для алгоритма «Стержень» фиктивные силы разделены на действующие по концам стержня (равномерно-распреде-

ленная пластическая деформация) и действующие в средней части (концентрация пластической деформации при изломной схеме деформирования и потеря местной устойчивости).

Результаты расчетов предложенными методами сравнивались с результатами натурных и численных экспериментов и показали хорошую сходимость. Для некоторых наиболее используемых в практике строительства типов поперечных сечений получены графики снижения несущей способности в зависимости от относительной деформации наиболее нагруженного волокна после потери местной устойчивости при расчете по прочности, а также после совместной потери общей и местной устойчивости.

Результаты показали, что при деформациях $\epsilon_{\text{lim}} = 0,025 \dots 0,05$ (деформационный критерий предельного состояния в сталь-

ных конструкциях в соответствии с первыми редакциями СП 385.1325800) снижение несущей способности для прокатных балочных двутавров и прямоугольных гнутосварных труб достигает 40–60 % при расчете по прочности и 50–80 % при расчете после потери общей устойчивости. Такое снижение несущей способности ставит под сомнение результаты расчетов с использованием «пластических шарниров», несущая способность которых принимается постоянной при увеличении деформаций.

Результаты исследований могут быть заложены в основу упрощенной инженерной методики учета снижения несущей способности после потери общей и местной устойчивости при расчете на прогрессирующее обрушение. Разработанные методы могут получить дальнейшее развитие путем внедрения их в существующие программы расчета строительных конструкций.

УДК 691.714

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-197-198>

ИЗМЕНЕНИЯ № 3 К НОРМАМ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (СП 294.1325800.2017)

Ведаков Иван Иванович

Доктор технических наук, профессор, директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

1. СП 294.1325800 утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 828/пр и введен в действие с 1 декабря 2017 г.

2. Изменения № 3 к СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования» внесены в помощь проектировщикам и в ответ на поступившие к разработчикам с 2020 по 2022 год вопросы.

Разработка Изменений № 3 к СП 294.1325800.2017 (с изменениями № 1 и № 2) направлена на совершенствование нормативных требований (на основе опыта применения утвержденных ранее и новых сводов правил) и обеспечение взаимной согласованности действующих нормативных технических документов в сфере строительства.

Разработанные изменения учитывают современное состояние строительной науки в области расчетов и проектирования стальных конструкций, позволяют проектировать при снижении сроков строительства экономичные конструкции по современным технологиям с использованием новых элементов конструкций.

3. Необходимость внесения изменений в СП 294.1325800 «Конструкции стальные. Правила проектирования» обусловлена разработкой новых видов конструкций и их расчетов, а также совершенствованием расчетов конструкций благодаря непрерывному развитию строительной науки.

В состав Изменений № 3 вошли 10 разделов. За период работы над Изменениями № 3 проанализировано более **70 замечаний** и предложений, поступивших от

ООО НПФ «СКАД СОФТ», ООО НПЦ «ЭРКОНСИВ», НИУ МГСУ, НОСТРОЙ, АО «Северсталь Менеджмент», АО «ЦНИИПромзданий», АРСС, АО «Институт «Стройпроект», ООО «Золотое сечение», Hiltlth Dusthbution LTD, вед. инж. К.А. Балабанова и др. организаций, по которым **(в более 30 случаях)** внесены дополнения и поправки в текст СП 294.1325800.2017.

Наиболее значимыми являются изменения, внесенные в раздел 7 (по расчету на устойчивость стержней швеллерного сечения, подверженных сжатию и изгибу в двух плоскостях) и в раздел 20 к требованиям по расчету балок с перфорированной стенкой из прокатных двутавров ($\geq I 20$) из стали с пределом текучести, принимаемым по таблице В.5 СП 16.13330.2017, или сварного сечения из листового проката из стали с пределом текучести, принимаемым по таблице В.3 СП 16.13330.2017.

4. В главе 6 «Расчетные характеристики материалов и соединений» в пункте 6.5 «Характеристики стальных канатов» в таблице 3 класс зданий и сооружений приведен в соответствие с современной классификацией по СП 20.13330.

В главе 12 «Проектирование соединений стальных конструкций» в пункте 12.2 «Проектирование болтовых соединений» и в наименовании и в тексте пункта 12.3, а также в пункте 14.1.2 исключено слово: «высокопрочными» в связи с расширением сферы использования болтов высоких классов прочности и согласования требований с СП 16.13330. В пункте 12.4 «Дюбельные соединения» уточнена таблица 40,а.

5. Исключены пункты 25.1.13, 25.1.14, 25.2.8, 25.2.9, 25.2.11–25.2.14, дублирующие требования в СП 70.13330, СП 494.1325800, СП 267.1325800.

6. В главу 7 «Расчет элементов на осевые силы и изгиб» в пункты 7.1, 7.2 и 7.3, в пункты 15.1 «Общие положения» и 15.1.1

главы 15 «Фермы с поясами из широкополочных двутавров», а также в пункты 20.1, 20.2 и 20.3 главы 20 «Балки» внесены редакционные правки: исправлены орфографические, стилистические неточности и формулировки, исключены опечатки, отредактированы некоторые рисунки.

УДК 624.072.2

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-199-201>

ЧИСЛЕННЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ СО СБОРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Конин Денис Владимирович

Кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией высотных зданий и сооружений

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Крылов Алексей Сергеевич

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ртищева Ирина Владимировна

Старший научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Рожкова Лидия Сергеевна

Старший научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Отечественные и иностранные источники указывают, что перекрытия со сборными пустотными железобетонными настилами (плитами) чаще всего используются в качестве несъемной опалубки, либо участвуют в работе конструкции исключительно в качестве балласта. Включение в работу сборных перекрытий, если это

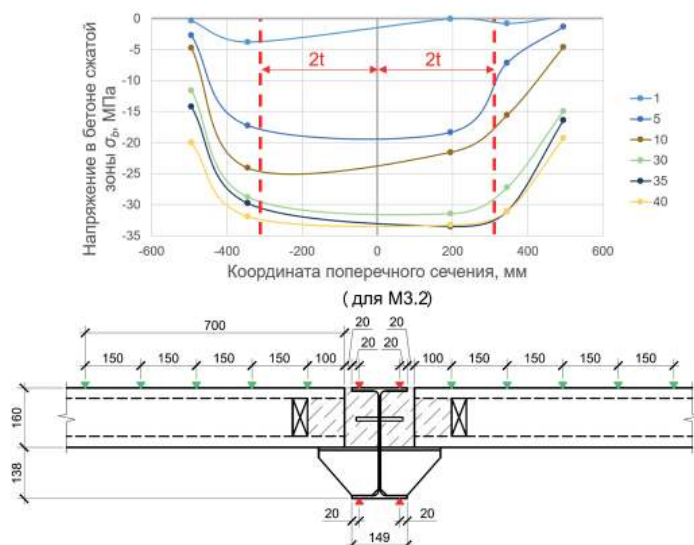


Рис. 1. Распределение напряжений по сжатой зоне бетона

необходимо по конструктивным соображениям, происходит за счет жесткого соединения плит на болтах с контролируемым натяжением (например, в конструкциях мостов), либо за счет приварки закладных деталей на нижней поверхности плиты к поясу стальной балки. Целью экспериментально-теоретического исследования являлось создание простого конструктивного решения объединения сборной железобетонной конструкции из пустотных плит со стальными балками каркаса. Проведено исследование моделей сталежелезобетонных конструкций в виде призматических обетонированных двутавров на сдвиг контактной зоны «сталь-бетон», частично обетонированных стальных балок таврового и прямоугольного сечения, полноразмерных перекрытий с пролетами балок 6 м и пролетами плит настила 5 м (общим габаритом 6 × 10 м).

Результаты испытаний моделей на сдвиг показали, что наличие гибких упоров даже в виде коротышей из арматурной стали повышают расчетное сопротивление сцепления стали с бетоном до 3 раз. При наличии упоров разрушение контактной зоны «сталь-бетон» происходит более плавно.

Результаты испытания моделей балок

на изгиб показали, что частично обетонированные балки даже без дополнительного гибкого армирования и стад-болтов повышают несущую способность стальной балки на 30 %. Разрушение происходит плавно, по нормальным трещинам в бетоне растянутой зоны и текучести нижнего пояса балки, без резких скачков и хрупкого разрушения бетона. Балки с дополнительным продольным армированием бетонной части сечения деформируются в соответствии с нормативными значениями приведенного модуля деформации D (по формулам СП 266).

Результаты испытаний полномасштабных моделей перекрытий показывают, что для объединения стальной и железобетонной частей комбинированной конструкции достаточно простых соединительных устройств (упоров) в опорных зонах изгибаемой стальной балки. Данные устройства должны препятствовать «расползанию» сборных элементов при работе конструкции на изгиб. Разрушение конструкции, независимо от опирания железобетонного настила (на нижний пояс балки или в уровне середины высоты сечения балки), происходит плавно. Тензометрия верхней сжатой зоны бетона показала, что в работу комбинированной конструкции эффек-

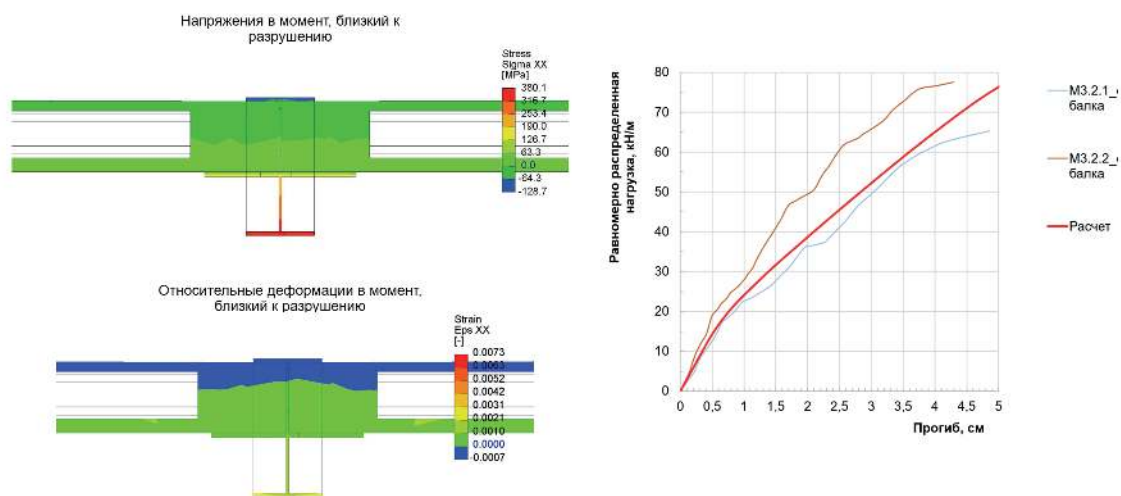


Рис. 2. Численная модель перекрытия с сопоставлением ее работы с экспериментальными данными

тивно включается бетон настила в зоне шириной около $2t$ (где t – толщина настила и ж/б стяжки при наличии, см. рис. 1). Построенные экспериментальные эпюры нормальных напряжений показывают распределения напряжений такие же, как и для комбинированной конструкции. Даже при устройстве простых соединительных устройств балки перекрытий работают как комбинированные конструкции.

В целях верификации расчетных моделей с учетом полученных экспериментальных данных построены численные модели испытанных конструкций: призматических моделей на сдвиг, простых балок на изгиб, моделей перекрытий. Установлено, что для правильной работы численных моделей конструкций необходим учет не только диаграмм работы стали и бетона в соответствии с действующими нормами, но и учет работы контактной зоны «сталь-бетон». При учете конечного значения расчетного сопротивления контактной зоны,

а также изменения ее деформативности в зависимости от напряжений, результаты расчетов численных моделей хорошо коррелируются с экспериментальными данными на всех этапах работы конструкций (рис. 2). Отличия между экспериментальными и численными моделями по напряжениям и относительным деформациям в стали не превышают 7–8 %, в бетоне – не более 17 %.

Список литературы

1. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.
2. Травуш В.И., Каприелов С.С., Кочин Д.В., Крылов А.С., Кашеварова Г.Г., Чилин И.А. Определение несущей способности на сдвиг контактной поверхности «сталь-бетон» в сталежелезобетонных конструкциях для бетонов различной прочности на сжатие и фибробетона // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 4. С. 45–55.

УДК 692.9

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-202-205>

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

Соловьев Дмитрий Валерьевич

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией большепролетных металлических конструкции и сертификации

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Конин Денис Владимирович

Кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией высотных зданий и сооружений

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Коваленко Алексей Игоревич

Старший научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Нахвальнов Павел Викторович

Старший научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Требования раздела 14.3 СП 16.13330 «Стальные конструкции» к фрикционным соединениям переносились из СНиП в современные СП без серьезных изменений с восьмидесятых годов XX века без учета развития и модернизации производства, проектирования и монтажа стальных конструкций в целом. Большую роль в работе данных соединений играет безразмерный коэффициент трения μ , зависящий от большого количества параметров.

В процессе выполнения работ возникла необходимость подтверждения технических характеристик фрикционных соединений в части обеспечения требуемого по СП 16.13330.2017 коэффициента трения для высокопрочных сталей. Был проведен ряд экспериментов на моделях фрикционных соединений с контактными поверхностями, подвергнутыми абразивоструй-

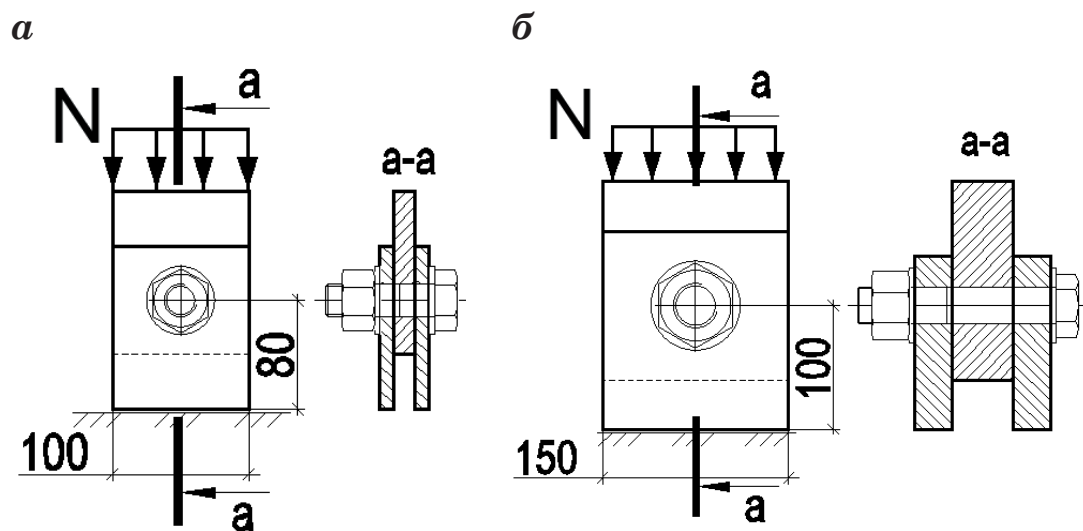
ной обработке. Исследования проводили на болтах нормальной точности (класса точности В), М24 и М36 класса прочности 10.9. Опытные образцы были выполнены различной конфигурации из стали С355, С390, которая все чаще применяется в строительстве для снижения веса конструкций. Ниже представлены результаты экспериментальных исследований по выявлению зависимостей между внешней нагрузкой и коэффициентом трения.

Для испытаний были изготовлены модели фрикционных соединений, которые были разделены на 8 групп (табл. 1). Модели изготовлены и испытаны, основываясь на Приложении Л (из СТП 006-97 «Устройство соединений на высокопрочных болтах в стальных конструкциях мостов»).

Значения величины коэффициента трения по всем группам образцов получились

Таблица 1. Характеристики моделей соединений

Группа моделей	Метод обработки поверхности	Используемые болты	Толщина элементов, мм	Сталь
1	2	3	4	5
<i>A</i>	Дробеструйная	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>B</i>	Дробеструйная с последующей газопламенной обработкой	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>C</i>	Обработка купершлаком	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>D</i>	Дробеструйная	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>E</i>	Дробеструйная с последующим покрытием фрикционной грунтовкой	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>F</i>	Дробеструйная	M24	10 + 16 + 10	C355
<i>G</i>	Дробеструйная	M36	30 + 50 + 30	C355, C390
<i>H</i>	Дробеструйная с последующим покрытием фрикционной грунтовкой	M36	30 + 50 + 30	C355, C390

Рис. 1. Варианты моделей соединений: *a* – группа *A–F*; *б* – группа *G–H*

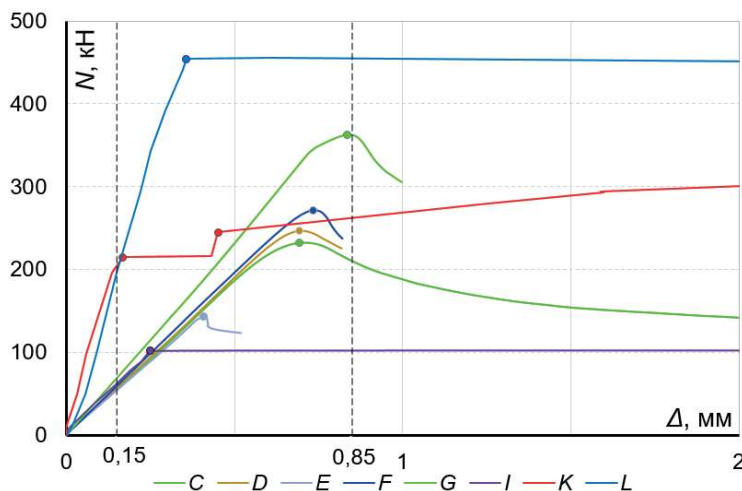


Рис. 2. Усредненная экспериментальная зависимость между усилиями сдвига и перемещениями

ниже ожидаемых. Средний коэффициент трения по всем группам моделей, подвергнутым только дробеструйной обработке, получился 0,38, что на 35 % меньше регламентированного СП 16.13330.2017. Обработка купершлаком показала большие значения коэффициента трения (среднее – 0,49) при совместных испытаниях групп C и D с использованием болтов М24.

Основные выводы и перспективы

1. На основании проведенных опытно-экспериментальных работ можно сделать вывод – коэффициент трения во фрикционных соединениях на болтах с контролируемым натяжением в большей степени зависит от технологии и качества подготовки контактных поверхностей. Требуется разработка технических регламентов, стандартов организаций или национальных стандартов для любого способа обработки контактной поверхности; обязательно проведение периодической аттестации задействованных работников и периодическое проведение подтверждающих испытаний.

2. Анализ результатов испытаний, проведенных для различных одноболтовых соединений, показал, что в большинстве случаев коэффициенты трения контактных поверхностей образцов имеют значения ниже, чем в нормативной документации. Учитывая накопленный опыт, целесоо-

бразно пересмотреть значения коэффициентов трения для различных способов обработки поверхностей, принимаемые в СП 16.13330.2017 для фрикционных соединений.

3. Анализ нормативной документации по рассматриваемому вопросу показал, что в настоящее время отсутствует стандартная методика определения коэффициентов трения фрикционных поверхностей для образцов соединений с болтами, отличными от болтов М22, М24 и М27, геометрические размеры испытуемых образцов ограничены. Поэтому целесообразно разработать стандартную методику испытаний образцов фрикционных соединений для определения коэффициента трения для различных диаметров болтов.

4. Для разработки методик обработки поверхности, которые должны быть включены в нормативную документацию на изготовление металлоконструкций и производство работ, следует провести масштабное исследование фрикционных соединений из разного наименования и марок сталей. В дальнейших исследованиях следует обратить особое внимание на показатель твердости, который влияет на взаимное проникновение неровностей, обеспечивающих трение, материалы дробы и применение защитных покрытий.

Список литературы

1. Конин Д.В., Нахвальнов П.В., Олуромби А.Р. Исследование многоболтовых сдвигоустойчивых соединений элементов стальных конструкций из сталей с пределом текучести до 500 МПа // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2020. № 4. С. 8–17.
2. Харламов Д.Н., Потапов С.В., Звирь В.И., Новак Ю.В. Применение цинкнаполненных грунтовок ЦВЭС при

строительстве мостов // *Дороги. Инновации в строительстве*. 2017. № 6. С. 58–63.

3. Агеев В.С. О комплексной защите фрикционных соединений на высокопрочных болтокомплектах // *Дороги. Инновации в строительстве*. 2019. № 79. С. 58–61.

4. Каптелин С.Ю. О качестве фрикционных соединений в мостовых сооружениях // *Путь и путевое хозяйство*. 2015. № 11. С. 14–18.

МНОГОСЛОЙНЫЕ КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 67.11.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-206-208>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ, АРМИРОВАННОЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ШВАХ СТАЛЬНЫМИ И КОМПОЗИТНЫМИ СЕТКАМИ, ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Айзятуллин Халит Алиевич (halit915@mail.ru)

Магистр, инженер

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Черемных Виктория Александровна (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Магистр, научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: кирпичная (каменная) кладка, кладка лицевого слоя, сетки из полимерных композитных материалов, прочность кладки на растяжение, деформации кладки, трещины

Введение

Работа выполнена в лаборатории реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко под руководством доктора технических наук М.К. Ищука.

Армирование в горизонтальных растворных швах кладки тонкого лицевого слоя наружных энергоэффективных стен способствует повышению ее трещиностойкости и прочности.

Для оценки эффективности армирования кладки лицевого слоя наружных стен сетками из полимерных композитных материалов и стали при растяжении были проведены экспериментальные исследования по нестандартной методике.

Объектом исследования являются прочностные и деформационные характеристики кладки лицевого слоя наружных стен на растяжение по перевязанному (вер-

тикальному) сечению, армированной в горизонтальных швах сетками из полимерных композитных материалов и стали.

Практическая значимость

Обоснованное применение таких сеток и отдельных стержней, с целью армирования в горизонтальных растворных швах, позволит повысить надежность кирпичных фасадов.

Материалы и методы

Для исследования были изготовлены образцы кладки длиной 1 метр и высотой 29 см из пустотелого керамического кирпича. Чтобы исключить трение, между кладкой и опорой устанавливалась упругая прокладка из пенополиуретана, на нее укладывалась полиэтиленовая пленка, поверх которой возводилась кладка. Армирование сетками производилось после каждого ряда кладки.

Первый тип образца был эталонный, то есть без армирования. Второй тип был армирован полужесткой сеткой из углепластика, из плоских стержней. Третий тип армирован стальной сеткой. И четвертый – жесткой сеткой из углепластика с поперечными стержнями из стеклопластика.

Испытания образцов кладки на растяжение проводились с применением гидравлических домкратов, которые устанавливались с каждой стороны образца. На торцевые части образцов закреплялись по две стальные пластины толщиной 1 см, которые передают усилия от домкратов на образец. Горизонтальные деформации кладки измерялись с помощью индикаторов часового типа: два индикатора были расположены сверху с обеих сторон и два снизу.

Результаты

Характер разрушения неармированных образцов был близок к хрупкому с образованием преимущественно одной сквозной трещины, проходящей по вертикальным растворным швам и кирпичу. Характер разрушения армированных образцов сопровождался развитием нелинейных де-

формаций с образованием, как правило, нескольких трещин.

Выводы

Момент образования первых трещин в неармированной кладке наступил при величине 80 % от предельного значения усилия, в армированной кладке – при величине 60 % от предельного значения усилия. Нелинейные деформации в образцах, армированных стальными и полимерными композитными сетками, начали заметно развиваться при усилии 20 % от предельного значения. Наибольшие деформации до момента потери несущей способности развились в образцах, армированных полужесткими композитными сетками. Это объясняется тем, что у большинства образцов происходило проскальзывание сеток по всей длине образцов с образованием относительно большого количества вертикальных трещин задолго до наступления предельного состояния. Установлено, что армирование стальными сетками и сетками из углепластика существенно повышает трещиностойкость и прочность кладки.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRENGTH AND CRACK RESISTANCE OF BRICKWORK REINFORCED IN HORIZONTAL JOINTS WITH STEEL AND COMPOSITE MESHES IN TENSION

Aizatullin Khalit A. (halit915@mail.ru)

Master, Engineer

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Cheremnykh Victoria A. (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Master, Researcher

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: brick (stone) masonry, face layer masonry, polymer composite meshes, masonry tensile strength, masonry deformations, cracks

Introduction

The study was carried out in the laboratory for the reconstruction of unique masonry buildings and structures of the Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko under the guidance of Doctor of Technical Sciences M.K. Ischuk.

Reinforcement in the horizontal mortar joints of the masonry of a thin front layer of external energy-efficient walls helps to increase its crack resistance and strength.

To evaluate the effectiveness of reinforcing the masonry of the front layer of the outer walls with meshes of polymer composite materials and steel in tension, experimental studies were carried out using a non-standard method.

The object of the study is the strength and deformation characteristics of the masonry of the front layer of the outer walls in tension along the bandaged (vertical) section, reinforced in horizontal joints with meshes of polymer composite materials and steel.

Practical significance

The reasonable use of such meshes and individual rods for the purpose of reinforcement in horizontal mortar joints will improve the reliability of brick facades.

Materials and methods

For the study, masonry samples 1 meter long and 29 cm high were made from hollow ceramic bricks. To eliminate friction, an elastic polyurethane foam gasket was installed between the masonry and the support, a polyethylene film was laid on it, on top of which the masonry was erected. Reinforcement with meshes was carried out after each row of masonry.

The first type of sample was a reference, without reinforcement. The second type was reinforced with a semi-rigid carbon fiber mesh, made of flat rods. The third type is reinforced with steel mesh. And the fourth is a rigid carbon fiber mesh with fiberglass transverse rods.

Tensile testing of masonry samples was carried out using hydraulic jacks, which were installed on each side of the sample. Two steel plates 1 cm thick are fixed on the end parts of the samples, which transfer the forces from the jacks to the sample. Horizontal masonry deformations are measured using dial indicators, two indicators are located on the top on both sides and two on the bottom.

Results

The nature of the destruction of unreinforced specimens was close to brittle with the formation of predominantly one through crack passing through vertical mortar joints and bricks. The nature of the destruction of reinforced samples was accompanied by the development of nonlinear deformations with the formation, as a rule, of several cracks.

Conclusions

The moment of formation of the first cracks in unreinforced masonry occurred at a value of 80 % of the limit value of the force, in reinforced masonry – at a value of 60 % of the limit value of the force. Nonlinear deformations in samples reinforced with steel and polymer composite meshes began to noticeably develop at a force of 20 % of the limit value. The largest deformations up to the moment of loss of bearing capacity developed in samples reinforced with semi-rigid composite meshes. This is explained by the fact that for most of the samples, the grids slipped along the entire length of the samples with the formation of a relatively large number of vertical cracks long before the onset of the limit state. It has been established that reinforcement with steel meshes and carbon fiber meshes significantly increases the crack resistance and strength of the masonry.

УДК 67.11.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-209-211>

ПРОБЛЕМЫ ФАСАДОВ С ОПИРАНИЕМ ЛИЦЕВОГО СЛОЯ ИЗ ВЫСОКОПУСТОТНОГО КИРПИЧА НА СТАЛЬНЫЕ КРОНШТЕЙНЫ. АНАЛИЗ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ищук Михаил Карпович (kamkon@yandex.ru)

Доктор технических наук, заведующий лабораторией
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ищук Евгений Михайлович (ruskon@inbox.ru)

Заведующий группой
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Айзятуллин Халит Алиевич (halit915@mail.ru)

Магистр, инженер
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Черемных Виктория Александровна (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Магистр, научный сотрудник
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: многослойные наружные стены, пустотелый кирпич, стальные кронштейны, температурные деформации, зигзагообразные деформационные швы, трещины в кладке, расслоение кирпича, размораживание кладки, сдвиг кладки на углах

Введение

Объектом исследования являются наружные стены с лицевым кирпичным слоем из высокопустотного кирпича, опирающегося на стальные кронштейны.

Цель

Установление причин образования трещин в кладке лицевого слоя наружных многослойных стен из керамического пустотелого кирпича, опирающегося на стальные кронштейны, и разработка предложений в нормативные документы по расчету и конструктивным указаниям.

Материалы и методы

Исследования проводились на уже возведенных зданиях, имеющих дефекты

кладки лицевого слоя из керамического пустотелого кирпича.

В лабораторных условиях исследовалась прочность и трещиностойкость пустотелого лицевого кирпича на внецентренное сжатие и односторонний нагрев.

Выполнены расчеты отдельного кирпича и фрагментов кладки методом конечных элементов с применением объемных КЭ на температурные воздействия с учетом одностороннего нагрева.

Результаты

Показаны основные дефекты кладки лицевого слоя наружных многослойных стен, выполненного из пустотелого кирпича.

На основе проведенных натуральных наблюдений, экспериментальных и численных исследований установлено, что причины, вызывающие эти дефекты, являются комплексными. Среди них выделяются такие, как несоблюдение требований по устройству вертикальных и горизонтальных деформационных швов, расшивке растворных швов кладки, качеству исполнения опорных узлов кладки лицевого слоя на стальные кронштейны.

Показано, что применение пустотелого кирпича требует соблюдения дополнительных конструктивных ограничений по сравнению с кладкой из полнотелого кирпича.

Показана ненадежность вертикальных зигзагообразных деформационных швов, проходящих по вертикальным и горизонтальным растворным швам кладки.

Выводы

Многих дефектов удалось бы избежать в случае применения полнотелого кирпича, однако промышленность строительных материалов до настоящего времени не освоила в достаточном количестве его выпуск, что, помимо прочего, связано с его более высокой стоимостью по сравнению с пустотелым.

PROBLEMS OF FACADES BASED ON THE FACE LAYER FROM HIGH-HOLLOW BRICK ON STEEL BRACKETS. ANALYSIS OF FIELD OBSERVATIONS AND LABORATORY STUDIES

Ishchuk Mikhail K. (kamkon@yandex.ru)

Dr. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Ishchuk Evgeny M. (ruskon@inbox.ru)

Head of the Group
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Aizatullin Khalit A. (halit915@mail.ru)

Master, Engineer
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Cheremnykh Victoria A. (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Master, Researcher
TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Keywords: multi-layer exterior walls, hollow bricks, steel brackets, thermal deformations, zigzag expansion joints, masonry cracks, brick delamination, masonry defrosting, masonry shift at corners

Introduction

The object of the study is the outer walls with a face brick layer of high-hollow brick, supported by steel brackets.

Aim

Establishment of the reasons for the formation of cracks in the masonry of the front layer of the outer multi-layer walls of ceramic hollow bricks, based on steel brackets and the development of proposals for regulatory documents for calculation and design instructions.

Materials and methods

The studies were carried out on already erected buildings with defects in the laying of the front layer of ceramic hollow bricks.

Under laboratory conditions, the strength and crack resistance of a hollow facing brick were studied for eccentric compression and one-sided heating.

Calculations of an individual brick and masonry fragments were performed by the finite element method using volumetric finite elements for temperature effects, taking into account one-sided heating.

Results

The main defects in the masonry of the front layer of the outer multilayer walls made of hollow bricks are shown.

On the basis of field observations, experimental and numerical studies, it was established that the causes of these defects are complex. Among them, such as non-compliance with the requirements for the installation of vertical and horizontal expansion joints, grouting mortar joints in masonry, and the quality of execution of the supporting nodes of masonry of the front layer on steel brackets stand out.

It is shown that the use of hollow brick requires compliance with additional design restrictions compared to solid brick masonry.

The unreliability of vertical zigzag expansion joints passing through the vertical and horizontal mortar joints of the masonry is shown.

Conclusions

Many defects could have been avoided if solid bricks were used, however, the building materials industry has not yet mastered its production in sufficient quantities, which, among other things, is due to its higher cost compared to hollow bricks.

УДК 692

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-212-214>

НОВОЕ В ПОДХОДЕ К ОБСЛЕДОВАНИЮ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

Кушнир Сергей Викторович (bessarab87@mail.ru)

Заведующий сектором облицовочных изделий и материалов лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Выполнен обзор повреждений многослойных наружных стен зданий с облицовочным слоем из кирпича за 25 лет. Предложены новые способы, обеспечивающие снижение трудозатрат и стоимости обследования фасадов здания. Уточнен состав комплексного подхода к обследованию фасадов здания с учетом достижений научно-технического прогресса.

Ключевые слова: многослойные конструкции, фасадные конструкции, облицовочный слой, кирпичная облицовка наружных стен зданий, фотограмметрия, геодезическая съемка фасадов

Уже более 25 лет проектируются и возводятся трехслойные и двухслойные наружные ограждающие конструкции зданий с облицовочным слоем из кирпича.

С 1997 года в практику строительства начали внедряться ненесущие многослойные конструкции с облицовкой из кирпича

и энергоэффективным утеплителем. Возведенные здания в основном каркасного типа, высотой до 100 м, с поэтажным опиранием внутреннего слоя и сплошным лицевым слоем из кирпича высотой на один этаж, на 2, 5, 8, 10 этажей.

Практически все наружные стены име-

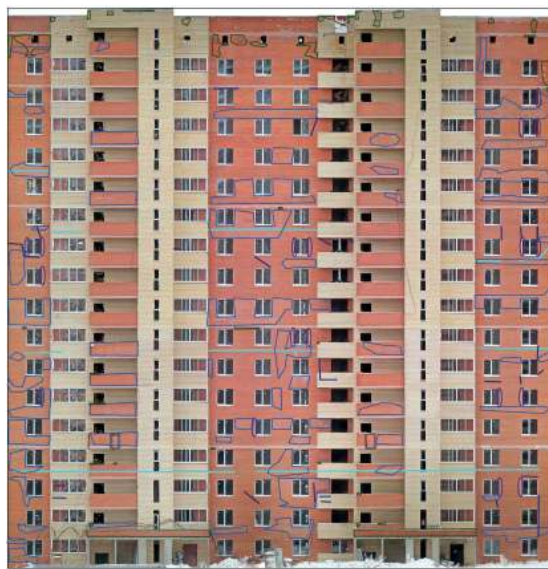


Рис. 1. Фотосъемка с квадрокоптера с последующей фотограмметрической обработкой полученной модели

ют повреждения лицевого слоя из кирпича. Специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко с начала 2000-х годов обследовано большое количество зданий с подобным типом наружных стен. Начало повреждений, как правило, приходилось на первые годы эксплуатации, а в последующем при отсутствии надлежащего технического обслуживания происходили обрушения фрагментов фасадов.

Основными причинами повреждений являются:

1. Ошибки проектирования.
2. Нарушения при проведении строительно-монтажных работ.
3. Нарушения при эксплуатации и текущем ремонте (отсутствие технического обслуживания).

Повреждения кладки наружных ограждающих стеновых конструкций можно разделить на следующие группы:

1. Трещины различного рода (вертикальные, наклонные, горизонтальные), различной конфигурации, толщины, протяженности и местоположения.
2. Поверхностные разрушения кладки облицовочного слоя (отслоение лещадок кирпича).

Обследование фасадных конструкций достаточно сложный и трудоемкий процесс, состоящий из следующих этапов работ:

1. Визуальное обследование фасадов здания.
2. Детально-инструментальное обследование, выполнение вскрытий конструкций и отбора материалов и изделий для проведения лабораторных испытаний.
3. Анализ полученных данных по результатам проведенного обследования (камеральная обработка).
4. Подготовка отчетной документации.

Визуальное обследование состоит из следующих основных этапов:

1. Классификация видов фасадных конструкций на основе предоставленной документации и осмотра фасадов здания.
2. Фотофиксация дефектов и повреждений.

3. Нанесение дефектов и повреждений на чертежи фасадов здания.

4. Классификация дефектов и повреждений. Определение критических дефектов и повреждений, аварийных участков.

5. Подготовка ведомости дефектов и повреждений с определением технического состояния и объемов ремонтных работ.

К недостаткам традиционного визуального обследования можно отнести следующее:

1. Визуальный осмотр с применением оптических приборов требует значительных трудозатрат и внимательности.

2. Фотофиксация повреждений многоэтажных (высотных) зданий возможна только на значительном расстоянии от объекта осмотра.

3. Отсутствие доступа в квартиры и помещения здания при его эксплуатации.

В связи с возникающими трудностями в практику обследований включен новый подход при визуальном обследовании фасадов зданий, позволяющий:

- значительно сократить сроки работ;
- уменьшить трудозатраты, стоимость выполняемых работ;
- уточнить места вскрытий конструкций для выполнения детально-инструментального обследования;
- проводить мониторинг работ по реконструкции, ремонту или новому строительству.

Применение на практике фотосъемки с квадрокоптеров с последующей фотограмметрической обработкой полученной модели (рис. 1) позволяет решить поставленные задачи и выполнить более качественно визуальное обследование любого здания и сооружения, исключить «человеческий фактор». Дальнейшая задача заключается только в обработке полученных изображений с нанесением повреждений на фасад.

Кроме того, в практике обследования широко применяется геодезическая съемка поверхности фасадов с определением отклонения плоскости облицовки (рис. 2).

Совместное применение методов фотограмметрии и геодезической съемки

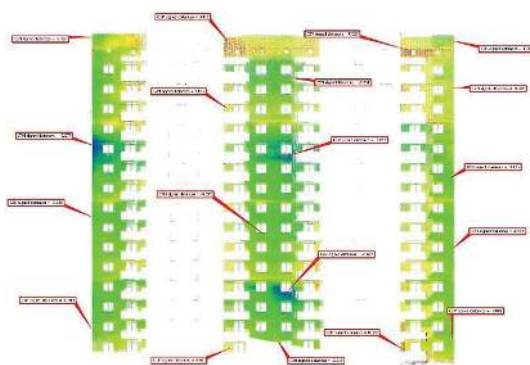


Рис. 2. Геодезическая съемка поверхности фасадов с определением отклонения плоскости облицовки

позволяет в компьютерной модели визуализировать фасады здания. Однако проанализировать полученные результаты может только высококвалифицированный специалист, имеющий опыт в обследовании данных типов фасадных конструкций.

Возможность применения квадрокоптеров не ограничена выполнением только фотосъемки, перспективно направление с установкой оборудования для выполнения детальной тепловизионной съемки фасадов здания.

Заключение

При проведении обследований фасадных конструкций необходимо применять комплексный подход, включающий не только визуальное обследование фасадных конструкций, но и фотограмметрию, а также геодезическую съемку фасадов здания.

На основе накопленного опыта обследований в ЛНФ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко выполняется разработка критериев оценки технического состояния различных типов фасадных конструкций.

Применение в практике комплексного подхода и разработанных критериев оценки технического состояния фасадных конструкций позволит выполнять работы по визуальному обследованию на более качественном уровне.

По мнению специалистов ЛНФ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, комплексный подход при обследовании фасадов здания позволяет сократить сроки проведения работ почти в четыре раза, стоимость – в два раза.

УДК 692.23

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-215-217>

РЕМОНТ ФАСАДОВ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Павленко Максим Николаевич (blackstork@mail.ru)

Заведующий сектором фасадных конструкций и креплений лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проведен анализ опыта ремонта многослойных наружных стен с облицовочным слоем из кирпича за 25 лет. Сформулированы проблемы, возникающие в процессе разработки проектов по ремонту и при проведении работ. Предложено применять комплексный подход при разработке проектов, проведении работ на основе технологии по ремонту с применением спиралевидных связей и проведении сопровождения работ специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Ключевые слова: многослойные конструкции, кирпичная облицовка наружных стен зданий, ремонт наружных стен, спиралевидные связи, деформационные швы

В настоящее время не уделяется должное внимание проблемам качества обследования, необходимости обеспечения ремонтнопригодности фасадных конструкций при их разработке и проектировании для объектов строительства.

Возведенные за последние 25 лет фасадные конструкции обладают низкой ремонтнопригодностью, в связи с чем в процессе ремонта может возникать ряд вопросов, сложностей и проблем.

Проблемам, связанным с возникновением повреждений кирпичной облицовки многослойных наружных стен, уже четверть века. В 2022–2023 гг. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проводит работы по обследованию фасадов зданий крупного жилого комплекса, разработке проектов по ремонту и сопровождению ремонтных работ. Выявленные недостатки конструкций наружных стен и повреждения подтверждают актуальность вопросов о необходимости проведения ремонтных работ.

В 2008 г. перед специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко была поставлена задача в кратчайшие сроки разработать технические решения по ремонту многослойных наружных стен. Разработан

комплект технической документации, альбом технических решений, методика и рекомендации по ремонту, оформлен патент.

Задача была решена совместно с компанией БИТ с учетом европейского опыта ремонта каменных конструкций с применением спиралевидных изделий, разработанных в середине 80-х годов, которые также применяются в европейских странах при усилении фундаментов и деревянных конструкций.

В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по результатам комплекса исследований и испытаний проведена адаптация технологии по ремонту для условий применения в России. Учтены применяемые конструктивные решения наружных стен, распространенные отечественные кладочные материалы, требования существующей нормативной документации, вопросы организационного характера, культуры производства работ. В институте также проводятся исследования и испытания несущих каменных конструкций с усилением косвенным армированием спиралевидными изделиями.

Технология по ремонту с применением спиралевидных связей применяется в

России в течение 15 лет в разных городах страны: в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Барнауле и др. При этом работы по ремонту проводятся как с привлечением специалистов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, так и без такового.

Технология по ремонту с применением спиралевидных связей, разработанная в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, обладает преимуществами:

1. Обеспечивает возможность сохранения архитектурного облика здания.
2. Позволяет проводить ремонтные работы в процессе эксплуатации.
3. Предусматривает комплекс ремонтных мероприятий:
 - установку точечных связей;
 - устройство вертикальных деформационных швов;
 - устройство горизонтальных деформационных швов;
 - усиление кладки в зоне трещин;
 - устройство опорной зоны кирпичной облицовки;
 - восстановление теплоизоляционного слоя стен;
 - обеспечение защиты стен от атмосферных осадков.
4. Предусматривает применение укомплектованных специально подобранных изделий и материалов.
5. Предусматривает специально разработанную технологическую последовательность работ и требования к монтажу.

Комплексный подход при проведении ремонта позволяет устранить аварийные ситуации в процессе эксплуатации, обеспечить работоспособное состояние конструкций стен и обеспечить требуемый межремонтный период.

Как в любом строительном процессе, на различных этапах требуется проведение контроля работ, в том числе и ремонтных.

За период с 2011 года при применении спиралевидных связей проектными и подрядными организациями возникает ряд осложнений и проблем при ремонте фасадов, возникающих при массовом внедрении в практику строительства и связанных

с индивидуальными техническими решениями каждого объекта.

На этапе внедрения уделялось особое внимание соблюдению технологии и последовательности работ по ремонту, что при массовом применении выполнить и проконтролировать крайне сложно. Зачастую проекты не разрабатываются и работы по ремонту ведутся фактически по месту, или выполняются в эскизном виде без детальной проработки. Большинство ремонтных мероприятий, предусмотренных технологией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, не выполняются.

Подрядные организации в процессе строительно-монтажных работ разуконплектовывают предусмотренные технологией наборы изделий и материалов. Например, заменяют спиралевидные стержни арматурой периодического профиля или гладкой проволокой, что фактически является отступлением от технологии и нарушением.

Интерес к технологии ремонта кирпичной облицовки с применением спиралевидных связей в нашей стране высокий, на сегодняшний день существует несколько дистрибьюторов европейских изготовителей применяемых материалов и изделий.

К сожалению, проектные организации обращаются к дистрибьюторам и осуществляют проектирование на основе торговых каталогов без привлечения специалистов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, тем самым исключая возможность реализовать эффективность технологии по ремонту.

Зачастую при работах применяют псевдо способы ремонта – без устранения дефектов и причин образования поврежденных:

- перекладка (замена) поврежденной кирпичной облицовки, что впоследствии приводит к повторному образованию повреждений на тех же участках;

- оштукатуривание или покраска поврежденных конструкций, то есть визуальное скрывание повреждений, что может привести к аварийным ситуациям в будущем;

– установка защитно-улавливающих сеток или закрытие конструкций баннерами или пленкой, то есть невыполнение работ по ремонту.

Заключение

С целью исключения возникающих проблем (ошибок при разработке проектов по ремонту, нарушений при ведении строительно-монтажных работ и других) и обеспечения соблюдения комплексной технологии при ремонте многослойных наружных стен с облицовочным слоем из кирпича специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко предлагаются и принимаются следующие меры:

1. Разработаны предложения по внесению требований к ремонтным работам с применением спиралевидных связей в действующие своды правил:

– СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции»;

– СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта»;

– СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления».

2. С целью обеспечения качества работ в настоящее время специалисты ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко осуществляют сопровождение работ при проектировании и ремонте фасадов зданий.

3. На базе института открыты обучающие курсы по монтажу, ознакомлению с технологией ремонта с применением спиралевидных изделий.

4. Специалистами института проводятся поисковые работы по замещению иностранных комплектующих (спиралевидных связей, химических составов и других материалов и изделий).



УДК 691:620.1

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-218-220>

О МЕТОДАХ ИСПЫТАНИЙ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ КЛАДОЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пономарев Олег Иванович

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7)

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Бессонов Игорь Вячеславович

Кандидат технических наук, главный научный сотрудник

«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)

Москва, Российская Федерация

Захаров Владимир Андреевич

Заместитель заведующего лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем (№ 25)

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Павлова Елизавета Алексеевна

Инженер лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем (№ 25)

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

В последние годы в РФ при оценке морозостойкости строительных материалов использовался только один индекс F. При этом испытания на морозостойкость проводились различными методами, в том числе методом объемного замораживания, одностороннего замораживания, проводились испытания с использованием солевых растворов, применялись ускоренные методы, а также испытания при замораживании и оттаивании в воздушной среде.

В 2018 году в СП 63.13330.2018 были введены специальные требования для бетонов, в том числе для кладочных изделий из бетонов различных видов, находящихся в различных условиях эксплуатации.

В системе нормативных документов и стандартов в области кирпичных и каменных конструкций до настоящего времени

не установлены требования к обозначению морозостойкости кладочных стеновых изделий, предназначенных для различных условий эксплуатации.

На методы испытаний керамических и силикатных кладочных стеновых материалов действует ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камень керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости». Этот стандарт не пересматривался с 1991 года и требует актуализации. В этом ГОСТе приведены два метода определения морозостойкости керамического и силикатного кирпича и камня – контроль морозостойкости при объемном замораживании и при одностороннем замораживании. При этом в ГОСТ 7025 указано, что эти методы не взаимозаменяемы.

Наиболее спорные вопросы в течение последних 15 лет были связаны с методикой испытания на морозостойкость ячеистобетонных и полистиролбетонных блоков. В отличие от керамических, силикатных и бетонных кладочных изделий, ячеистобетонные и полистиролбетонные блоки испытываются на морозостойкость в более мягком режиме. Они погружаются в воду только один раз. Дальнейшее замораживание и оттаивание производится на воздухе. Однако эта разница в методике испытаний до последнего времени не учитывалась при обозначении морозостойкости кладочных изделий, так как морозостойкость обозначалась одним индексом – F . Эта нечеткость вводила в заблуждение потребителя.

В 2012 г. в ГОСТ 10060 и в 2018 г. в СП 63.13330 внесены дополнительные обозначения морозостойкости F_1 (при испытании по первому базовому методу с насыщением образца водой) и F_2 (при испытании по второму базовому методу с насыщением образцов солевым раствором). Индекс F обозначает морозостойкость ячеистого бетона, который испытывается по другому методу (с насыщением водой только при первом цикле).

В нормативно-техническую документацию и стандарты на кладочные стеновые изделия указанные изменения еще не внесены.

Еще один вопрос, который требуется решить, касается целесообразности испытаний на морозостойкость кирпича и камня, предназначенных для внутренних стен и других конструкций, находящихся в сухих условиях эксплуатации, защищенных от внешних воздействий.

Несмотря на очевидный факт, что конструкции зданий и сооружений находятся в различных условиях эксплуатации (например, внутренние и наружные стены), к материалам для их возведения предъявляются одинаковые требования, в том числе по морозостойкости.

За рубежом, в частности в европейских стандартах, в EN 771-1 указаны три вида эксплуатации, в которых учитываются три

класса по морозостойкости: пункт В.3.2 – интенсивное воздействие (F_2); пункт В.3.3 – умеренное воздействие (F_1); пункт В.3.4 – незначительное воздействие (F_0).

В целях экономии ресурсов (строительных материалов, трудозатрат, топливно-энергетических ресурсов) при проведении отбраковки кладочных стеновых изделий необходимо учитывать условия эксплуатации, в которых будут использоваться изделия. В частности, необходимо в наших нормативных документах и стандартах исключить или существенно снизить требования по морозостойкости к кладочным изделиям, которые защищены от действия отрицательных температур и увлажнения, в т. ч. кладка стен и перегородок, расположенных внутри зданий; кладка внешних стен, защищенных наружной системой теплоизоляции; кладка внутренних слоев в многослойных стенах.

Результаты рассмотрения методов определения морозостойкости кладочных стеновых изделий показывают, что в нормативную документацию и в стандарты в области кирпичных и каменных конструкций необходимо внести корректировку, в том числе:

1. в СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» в раздел 3 «Термины и определения» включить:

«3.12 марка по морозостойкости: показатель морозостойкости кладочного изделия, соответствующий числу циклов замораживания и оттаивания, которое выдерживает изделие при стандартных испытаниях по ГОСТ 10060 ($F_1 10$, $F_1 15$... $F_1 300$ – при замораживании и оттаивании в воде; $F_2 100$, $F_2 150$... $F_2 500$ – при замораживании и оттаивании в соляном растворе). Морозостойкость FN присваивается кладочным изделиям, для которых испытания на морозостойкость не требуются. Морозостойкость F присваивается кладочным изделиям, которые при испытаниях насыщаются водой только при первом цикле».

2. в п. 5.1 г) в перечень марок по морозостойкости добавить марки FN ; F ; F_1 ; F_2 .

3. в п. 5.1 г) кладочные изделия

подразделяются по морозостойкости (по ГОСТ 10060):

Кирпич и камни керамические, силикатные и из тяжелого бетона	при испытании по первому базовому методу – $F_1 10$; $F_1 15$; $F_1 25$; $F_1 35$; $F_1 50$; $F_1 75$; $F_1 100$; $F_1 150$; $F_1 200$; $F_1 300$
	при испытании по второму базовому методу – $F_2 100$; $F_2 150$; $F_2 200$; $F_2 300$; $F_2 400$; $F_2 500$
Блоки из ячеистого бетона	$F 15$; $F 25$; $F 35$; $F 50$; $F 75$; $F 100$
Керамзитобетонные блоки	$F_1 15$; $F_1 25$; $F_1 35$; $F_1 50$; $F_1 75$; $F_1 100$; $F_1 150$; $F_1 200$; $F_1 300$; $F_1 400$; $F_1 500$
Блоки из полистиролбетона	$F 15$; $F 25$; $F 35$; $F 50$; $F 75$; $F 100$

4. в п. 5.2 дополнительно включить абзац:

«К материалам, используемым для кладки внутренних стен, а также наружных стен, защищенных наружной системой теплоизоляции (кроме стен бань, прачечных, бассейнов, автомоек и других помещений с мокрым влажностным режимом эксплуатации), требования по морозостойкости не предъявляются».

5. В таблицу 1 СП 15.13330.2020 дополнительно включить примечания 6 и 7 в следующей редакции:

«6. Для кладочных изделий, используемых в конструкциях, не указанных в таблице 5.1, испытания на морозостойкость не требуются.»

7. Морозостойкость кладочных изделий F_1 определяется по первому базовому методу (ГОСТ 10060) за исключением п. 4».

6. В ГОСТ 530, ГОСТ 379, ГОСТ 6133, ГОСТ 4001, ГОСТ Р 57334/EN771-4 внести марку по морозостойкости FN с соответствующими пояснениями (добавить следующий пункт):

«Для кладочных изделий, предназначенных для возведения конструкций, которые полностью защищены от увлажнения и находятся в отапливаемых зданиях, проведение испытаний на морозостойкость не требуется.»

УДК 691-4

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-221-223>

МЕЛКОШТУЧНЫЕ ФАСАДНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО МАГНЕЗИАЛЬНО-ГИДРОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ

Токаев Владимир Евгеньевич (V.tokaev@mail.ru)

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела подготовки и производства экспериментальных работ

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Аннотация

Изучена возможность изготовления мелкоштучных фасадных изделий полусухим пресованием и низкотемпературным обжигом из техногенного магнезиально-гидросиликатного сырья. В полупромышленных условиях получен полнотелый кирпич марки М500.

Ключевые слова: фасадные изделия, серпентинитовые породы, отходы добычи хризотил-асбеста, кирпич, плитка, прочность, водопоглощение

Введение

В качестве основных мелкоштучных фасадных материалов на рынке России используются керамическая плитка, бетонная плитка, все виды клинкерных материалов (кирпич, плитка «под кирпич»), а также высокопрочный лицевой керамический кирпич.

Все клинкерные материалы в основном поступают на российский рынок из Германии, Голландии и Польши. В России клинкер выпускается в очень небольшом объеме. Это обусловлено ограниченными запасами качественного сырья, а также высокой стоимостью оборудования для его производства. В настоящее время импорт дорогостоящих клинкерных материалов резко сокращен. Но спрос на отделочные материалы, в частности для вентилируемых фасадов, растет.

Что касается малоэтажного жилищного строительства, то и здесь, несмотря на то что дефицита в мелкоштучных изделиях не наблюдается, потребность в качественных фасадных материалах, особенно для несъемной опалубки, остается высокой.

Состояние вопроса

За последние десятилетия в стране накоплено большое количество побочных

продуктов промышленности, которые в настоящее время либо не используются, либо используются очень ограниченно, но которые могут являться серьезной сырьевой базой для производства строительных материалов. К таким побочным продуктам относятся отходы добычи хризотил-асбеста. Запасы такого сырья в отвалах оцениваются в 3 млрд тонн, они сосредоточены в Свердловской (Баженовское месторождение), Оренбургской (Киембаевское месторождение) областях и Туве (Ак-Довуракское месторождение).

Отходы добычи – это магнезиально-гидросиликатные (МГС) породы, основным слагающим минералом которых является серпентин (около 90 %). Именно этот минерал определяет все свойства разрабатываемых строительных материалов.

Изучением возможности применения этих отходов в производстве строительных материалов занимались многие российские ученые. Последние публикации работ сотрудников Южно-Уральского государственного университета (под руководством Л.Я. Крамар), Санкт-Петербургского государственного технологического института (Н.Ф. Федоров) свидетельствуют, что из них можно получать магнезиальное вяжущее, автоклавные силикатные материалы,

серпентиновую керамику, а также вяжущие и жаростойкие бетоны на фосфатной связке. Однако пока они не нашли широкого применения: либо полученные материалы обладают невысокой прочностью, либо технологии не отработаны в реальных промышленных условиях.

Основополагающими являются исследования О.П. Мчедлова-Петросяна, который еще в 50-х годах установил, что в процессе прокаливания серпентинита получается свободная окись магния и обожженный при 650 °С серпентинит способен твердеть, взаимодействуя с водой. Образующийся коллоидный гидрат окиси магния кристаллизуется с образованием переплетенных структур. По другим источникам, при обжиге до 670 °С разрушающийся бруситовый слой держится на менее деструктурированном полисилоксанном слое. Получаемый продукт является магниевой солью плоской поликремневой кислоты. Дальнейшее нагревание ведет к деструкции полисилоксана и образованию форстерита при 830 °С.

В основу разрабатываемой технологии положены:

- способность измельченной серпентинитовой породы под действием прилагаемого давления давать прочные сырцовые заготовки;

- способность системы приобретать водостойкость и прочность при термообработке в интервале температур 600–670 °С.

Основная цель – получение искусственного камня по прочности не менее 50 МПа, т. е. соизмеримой с клинкерным кирпичом.

Экспериментальная часть

Работу проводили на отходах Баженовского месторождения с характерным химсоставом, % масс.: ппп – 12,38, MgO – 36,94, SiO₂ – 36,84, Fe₂O₃ – 10,18, CaO – 1,36, Al₂O₃ – 1,17, Cr₂O₃ – 0,37, NiO – 0,22, MnO – 0,135, Na₂O – 0,06, K₂O – 0,02, TiO₂ – 0,02, S_{общ} – менее 0,06, ZrO₂ – менее 0,01, BaO – менее 0,01, SrO – менее 0,01. По данным ДТА, интенсивное удаление химически связанной воды начинается при 500 °С и заканчивается при 700 °С.

Удельная поверхность порошка – 1080 кв. см/г.

Из отходов фракции менее 0,5 мм лабораторные образцы-цилиндры размером 25 × 25 мм прессовали в пресс-форме при удельном давлении 40 МПа и обжигали при температуре 450–750 °С. Установлено, что водостойкость приобретает при 550 °С, а максимальная прочность при 650 °С (19 МПа при водопоглощении 19 %). Для утилизации вяжущих свойств активного MgO образцы пропитывали в воде и растворах солей. Так, максимальная прочность после выдержки в растворе MgSO₄ составила лишь 26 МПа при водопоглощении 18 %. Хотя образцы показывали некоторое увеличение прочности, но кардинально это картину не меняло – высокопрочного искусственного камня мы не получили. Было принято решение провести механоактивацию исходного порошка. Помол провели до удельной поверхности 4000 см/г. Образец из измельченного материала после обжига при 650 °С показал прочность 28 МПа, следовательно измельчение исходного порошка позволяет рассчитывать на возможность изготовления кирпича полусухим прессованием марки не ниже М200 с водопоглощением около 18 %.

Самым прочным и нерастворимым искусственным камнем, в который можно перевести активный MgO, является Mg₃(PO₄)₂.

Поэтому исходный порошок увлажняли разбавленным раствором H₃PO₄. Ранее уже была доказана эффективность такой добавки (АС 697484).

Прочность обожженных при 650 °С образцов составила 48 МПа при водопоглощении 11 % и коэффициенте размягчения K = 0,88.

Для подтверждения результатов лабораторных исследований отработку технологии проводили на оборудовании российской компании Metallium Modern. Были спрессованы полнотелый кирпич, плитка толщиной 7 мм и плитка толщиной 20 мм. Коэффициент сжатия пресс-порошка 2,2. Усилие прессования около 220 кгс/кв.см.

Манипуляционная прочность кирпича-сырца около 30–40 кгс/кв.см. Обжиг изделий осуществляли в электрической печи с выдвигаемым подом. Температура выдержки при 650 °С – 2 часа. В результате получен кирпич марки по прочности М500, водопоглощением 12 %, плотностью 1900 кг/куб.м и морозостойкостью не менее F50. Плитка толщиной 7 мм характеризуется разрушающей нагрузкой 500 Н (требование по ГОСТ 13996-2019 – не менее 200 Н), пределом прочности при изгибе 20,8 МПа (требование по ГОСТ 13996-2019 – не менее 12 МПа), водопоглощением 12,7 %, плотностью 1870 кг/куб.м и морозостойкостью не менее F50 (испытания продолжаются). По классификации плитка относится к группе VIII.

Особенностью кирпича является идеальная геометрия, что раскрывает возможность кладки на клей в несъемной опалубке и в вентилируемых фасадных системах.

Полученные результаты доказывают принципиальную возможность организации производства мелкоштучных фасадных изделий из техногенного магнезиально-гидросиликатного (МГС) сырья.

И это только начало пути.

Понятно, что внедрение новой технологии целесообразно в районах, приближенных к точкам сосредоточения отходов.

Однако если в том или ином регионе кондиционное сырье отсутствует и есть потребность в качественных фасадных изделиях, в том числе для несъемной опалубки для малоэтажного строительства, то экономически может быть оправдана транспортировка техногенного МГС и на дальние расстояния.

Для крупномасштабного тиражирования такой технологии, конечно, требуются всесторонние испытания изделий в кладке, оценка их долговечности, а также уточнение термических и других технологических параметров.

Предполагается разработать опытно-промышленную линию производительностью 3 млн штук/год.

Заключение

Вовлечение в оборот техногенного магнезиально-гидросиликатного сырья частично решает экологическую проблему, в определенной мере способствует импортозамещению и позволяет ускорить малоэтажное жилищное и хозяйственное строительство, существенно снизить время возведения стен в малоэтажном индивидуальном строительстве, разнообразить выразительность зданий и сооружений, отказаться от цемента в производстве фасадных изделий.

УДК 67.11.33

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-224-226>

ИССЛЕДОВАНИЕ УЗЛА ОПИРАНИЯ ЛИЦЕВОГО СЛОЯ НА КИРПИЧНЫЕ КОНСОЛИ НЕСУЩИХ И САМОНЕСУЩИХ КАМЕННЫХ СТЕН

Черемных Виктория Александровна (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Магистр, научный сотрудник

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Айзятуллин Халит Алиевич (halit915@mail.ru)

Магистр, инженер

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Михеев Алексей Викторович (miheev@arban.ru)

Руководитель проектного отдела

ООО «Специализированный застройщик «Арбан»

Красноярск, Российская Федерация

Ключевые слова: наружные трехслойные стены, лицевой слой, базальтопластиковые гибкие связи, стальные сетки, прочность, деформации

Введение

Работа выполнена в лаборатории реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко под руководством доктора технических наук М.К. Ищука.

Объектом исследования являются фрагменты трехслойных наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Широко известны два варианта конструктивного решения опирания лицевого слоя кладки:

- с опиранием на стальные кронштейны;
- с опиранием на плиту перекрытия.

В настоящей работе исследуется фрагмент стены, которая на реальном здании имеет высоту в один этаж. Конструкция опытного образца соответствует узлу опирания кладки лицевого слоя на консольно выступающие кирпичи.

Цель

Экспериментальное исследование прочности и деформаций узла опирания

облицовочного слоя кладки на кирпичную консоль, выпущенную из несущего слоя кирпичной кладки.

Материалы и методы

Образцы выполнены в виде столбов с габаритами в плане 510 × 770 мм и высотой 1078 мм. Внутренний слой выполнен кладкой из полнотелого керамического кирпича. Толщина слоя 510 мм. Кладка лицевого слоя имела толщину 120 мм и выполнялась из керамического лицевого кирпича. Связь между слоями осуществлена композитными базальтопластиковыми стержнями, укладываемыми в уровне горизонтальных швов после первого ряда лицевого слоя из пустотелого кирпича. Кладка велась на цементно-песчаном растворе. Толщина горизонтальных швов 12 мм, вертикальных – 10 мм.

Образцы испытывались вертикальной нагрузкой, прикладываемой к лицевому слою кладки. Испытания проводились в две стадии. На стадии № 1 производилось предварительное обжатие кладки вну-

тренного слоя в прессе с усилием, имитирующим приложенную к нему нагрузку от собственного веса стены и перекрытий, а также для исключения крена внутреннего слоя при подаче нагрузки на консоль. На стадии № 2 домкрат упирался в верхнюю плиту прессы. Таким образом верхняя плита прессы служила одновременно и для упора домкрата, создающего вертикальное усилие в лицевом слое кладки.

Результаты

Установлено, что несущая способность кирпичной армированной консоли, выполненной из указанных материалов, является достаточной для восприятия нагрузки от лицевого слоя кладки высотой на один этаж.

Прогиб консоли при нагрузке, равной половине ее предельного значения, не превышает 0,5 мм, что соответствует требованиям п. 18.3 СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта». Это позволяет обеспечить надежную работу горизонтальных деформационных швов.

Существенную роль в работе опорной кирпичной консоли играет армирование кладки стальными сетками, а также гибкие связи между слоями.

Выводы

Исследуемые фрагменты трехслойных наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки показали свое преимущество по теплотехническим характеристикам, архитектурной выразительности, экономической эффективности. Теплотехнические характеристики таких стен существенно выше, чем в стенах, выполненных по традиционным решениям за счет отсутствия «мостиков холода» в уровне перекрытий. В архитектуре фасадов зданий отсутствуют торцевые участки плит перекрытий. За счет консольного способа опирания отсутствует необходимость в дополнительной фасадной подсистеме.

INVESTIGATION OF THE NODE OF BEARING OF THE FACE LAYER ON BRICK CONSOLE OF BEARING AND SELF-SUPPORTING MASONRY WALLS

Cheremnykh Victoria A. (cheremnykh_v.a@mail.ru)

Master, Researcher

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Aizatullin Khalit A. (halit915@mail.ru)

Master, Engineer

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Mikheev Aleksey V. (miheev@arban.ru)

Head of Design Department

LLC Arban Specialized Developer
Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: external three-layer walls, front layer, basalt-plastic flexible connections, steel meshes, strength, deformations

Introduction

The study was carried out in the laboratory for the reconstruction of unique masonry buildings and structures of the Research Institute of Building Structures named after V.A. Koucherenko under the guidance of Doctor of Technical Sciences M.K. Ischuk.

The object of the study is fragments of three-layer outer walls with a front layer of brickwork. Two options for constructive solutions for supporting the front layer of masonry are widely known:

- with support on steel brackets;
- with support on the floor slab.

In this paper, it is researched a fragment of a wall, which on a real building has a height of one floor. The design of the prototype corresponds to the support of the masonry of the front layer on the cantilever protruding bricks.

Aim

Experimental study of the strength and deformations of the support unit of the facing layer of masonry on a brick console released from the bearing layer of brickwork.

Materials and methods

The samples were made in the form of pillars with dimensions in terms of 510×770 mm and a height 1078 mm. The inner layer was made of solid ceramic bricks. Layer thickness is 510 mm. The masonry of the front layer had a thickness of 120 mm and was made of ceramic facing bricks. The connection between the layers is carried out by composite basalt-plastic rods, laid at the level of horizontal joints after the first row of the front layer of hollow bricks. The masonry was carried out on a cement-sand mortar. The thickness of horizontal seams is 12 mm, vertical is 10 mm.

The specimens were tested with a vertical load applied to the face layer masonry. The tests were carried out in two stages. At stage

No. 1, the masonry of the inner layer was pre-compressed in a press with a force, simulating the load applied to it from the own weight of the wall and ceilings, as well as to eliminate the roll of the inner layer when the load was applied to the console. At stage No. 2, the jack rested on the top plate of the press. Thus, the top plate of the press served at the same time to stop the jack, which creates a vertical force in the front layer of the masonry.

Results

It has been established that the bearing capacity of a brick reinforced console made of these materials is sufficient to absorb the load from the front layer of masonry one floor high.

The deflection of the console under a load equal to half of its limit value does not exceed 0.5 mm, which meets the requirements of clause 18.3 of SP 327.1325800.2017 “Exterior walls with brick veneer. Rules for design, operation and repair”. This ensures reliable operation of horizontal expansion joints.

An essential role in the work of the supporting brick console is played by the reinforcement of the masonry with steel meshes, as well as flexible connections between the layers.

Conclusions

The studied fragments of three-layer outer walls with a front layer of brickwork showed their advantage in terms of thermal performance, architectural expressiveness, and economic efficiency. Thermal characteristics of such walls are significantly higher than in walls made according to traditional solutions due to the absence of "cold bridges" in the level of ceilings. In the architecture of building facades, there are no end sections of floor slabs. Due to the cantilever support method, there is no need for an additional facade subsystem.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 624.04:519.62

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-227-229>

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Жук Юрий Николаевич (shuk@eurosoft.ru)

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» Москва, Российская Федерация

Курнавин Виктор Владимирович (kv@eurosoft.ru)

Инженер, заместитель заведующего лабораторией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» Москва, Российская Федерация

Симбиркин Валерий Николаевич (simbirkin@eurosoft.ru)

Кандидат технических наук, главный инженер ООО «ЕВРОСОФТ» Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: научно-техническое сопровождение проектирования, расчет, численные методы, нагрузки, программный комплекс

Научно-техническое сопровождение (НТС) проектирования уникальных зданий и сооружений повышенной ответственности выполняется организацией, отличной от организации, разработавшей проект согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

В рамках НТС контроль качества проектных конструктивных решений выполняется путем их анализа, как правило, с проведением параллельных проверочных расчетов конструкций с использованием независимо разработанных, сертифицированных программных средств. В результате устанавливается соответствие проектной документации требованиям нормативных документов и полученным результатам расчетов. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

стоял у истоков данной работы и продолжает ее в настоящее время в рамках НТС проектирования и в основном с применением отечественного программного комплекса ПК STARK ES. Данный ПК хорошо себя зарекомендовал в первую очередь в связи с высокой точностью выполнения расчетов на грубых кэ-сетках.

Очень часто перед началом расчетных работ в рамках НТС приходится выполнять объединение разрозненных (отдельных) моделей конструкций в единую расчетную модель. Данные работы позволяют еще на этапе формирования расчетной модели внести своевременные корректировки в проект.

Все более распространяется практика выполнения расчетов с оптимизацией проектных решений, которая дает возмож-

ность проектировщику существенно экономить на материалах и, прежде всего, на арматурной стали. Главная задача при НТС для таких расчетов – это борьба за экономию, не приводящую к дефициту несущей способности и не ухудшающую надежность конструктивных решений.

Практика выполнения параллельных расчетов широко применяется в России более 15 лет. Благодаря этой практике наиболее часто вскрываются следующие ошибки в расчетах, выполненных проектировщиком, и, как следствие, в принятых конструктивных решениях:

- неполнота выполненных расчетов;
- применение расчетных схем, не соответствующих возможностям и особенностям использованных программных средств;
- упрощенное моделирование конструкций, грунтового или свайного основания сооружения, не отражающее реальные условия их работы;
- неучет нелинейных эффектов различного рода.

Практика показывает, что многие ошибки в большеразмерной расчетной схеме сложно обнаружить без привлечения другого расчетчика, работающего в другом, независимо разработанном расчетном программном комплексе. Применение дополнительных средств диагностики расчетных схем, способов моделирования и методов решения задач делают процесс анализа более эффективным. Получение результата проверочного расчета, качественно отличающегося от проектного, зачастую свидетельствует о наличии грубых

ошибок в расчетных схемах или в выборе методики решения задачи. При отсутствии ошибок расчетчиков результаты, полученные по разным программам, тоже могут различаться, но не столь существенно. В подавляющем большинстве случаев эти различия обусловлены разнообразием численных методик и алгоритмов, реализованных в программах, и неединственностью решений, в том числе допускаемой нормами проектирования.

В докладе представлены результаты НТС проектирования некоторых строительных объектов из практики лаборатории автоматизации исследований и проектирования сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Так, на основании проверочных расчетов комплекса новой застройки в г. Москве ряд элементов железобетонных конструкций был усилен, часть конструкций была подвержена перепроектированию. Такие результаты расчетов встречаются не только в гражданском строительстве, но и при расчетах промышленных сооружений, когда необходимо усиление отдельных элементов или увеличение жесткости каркаса сооружения.

Так, при НТС проектирования Дворца единоборств в г. Брянске были усилены элементы стальных ферм. При выполнении проверочного расчета конструкций здания «Винного комплекса» была выявлена недостаточность армирования железобетонных стен из-за отсутствия в проектном расчете должного учета сдвиговых напряжений.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE DESIGN OF UNIQUE BUILDINGS AND STRUCTURES OF INCREASED RESPONSIBILITY USING NATIONAL SOFTWARE

Zhuk Yuriy N. (shuk@eurosoft.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Kurnavin Viktor V. (kv@eurosoft.ru)

Engineer, Deputy Head of the Laboratory

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction
Moscow, Russian Federation

Simbirkin Valeriy N. (simbirkin@eurosoft.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Chief Engineer

LLC EUROSOFТ

Moscow, Russian Federation

Keywords: scientific and technical support of design, analysis, numerical calculation methods, loads, software package

УДК 624.04:519.62

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-230-231>

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ РАСЧЕТОВ ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ НА ПРОИЗВОЛЬНОМ УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Козунова Оксана Васильевна (kozunova@gmail.com)

Докторант, кандидат технических наук, доцент

Белорусский национальный технический университет (БНТУ)

Минск, Республика Беларусь

Босаков С.В. (sevibo@yahoo.com)

Доктор технических наук, профессор

Белорусский национальный технический университет (БНТУ)

Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: численно-аналитические методы, нелинейная упругость, ортотропная плита, метод Жемочкина, модель упругого основания, статический расчет, диаграмма «жесткость – кривизна»

В работе рассматривается прямоугольная плита со слабой ортотропией на упругом основании, моделируемом однородным изотропным слоем, жестко соединенным с недеформируемым основанием. Принимается, что в контактной зоне отсутствуют касательные напряжения и для плиты справедливы гипотезы технической теории изгиба. Выполнены статические расчеты плиты с учетом ее собственного веса. В момент трещинообразования в нелинейном расчете учитывалось изменение жесткости плиты.

Расчет гибкой ортотропной плиты на упругом основании в нелинейной постановке выполняется методом Б.Н. Жемочкина через итерационный алгоритм. Для определения коэффициентов канонических уравнений и свободных членов авторы использовали смешанный метод строительной механики. На первой итерации плита рассчитывается как линейно-упругая, ортотропная и однородная, на последующих – как линейно-упругая, ортотропная и неоднородная на каждом участке Жемочкина. В основной системе смешанного метода прогибы плиты с защемленной нормалью от действия сосредоточенной силы определяются мето-

дом Ритца при представлении прогибов в виде степенного полинома в новом выражении, которое авторами предлагается в проведенных исследованиях впервые. Это выражение удовлетворяет не только граничным условиям защемленной плиты по перемещениям, но и бигармоническому уравнению.

После выполненных выше численно-аналитических расчетов определялся функционал полной энергии ортотропной пластинки с защемленной нормалью по Лехницкому и действующей на нее сосредоточенной единичной силой как квадратичная функция коэффициентов $A_{i,k}$, что позволяет из системы линейных алгебраических уравнений найти эти коэффициенты и вычислить прогибы плиты с защемленной нормалью. Так формировалась система уравнений метода Жемочкина на каждой итерации. В нелинейных расчетах при нахождении переменной (секущей) жесткости для участка Жемочкина на каждой итерации использовалась зависимость «жесткость – кривизна» для каждого из направлений X и Y, аппроксимированная нелинейной убывающей функцией, характер которой графически свидетельствует о нелинейно-упругой работе орто-

трошной плиты и ее деформировании с учетом трещинообразования и раскрытия трещин. В результате определяются осадки плиты, распределение контактных напряжений под ней, внутренние усилия в плите, а также выполняется анализ полученных результатов. Алгоритм решения реализован с помощью компьютерной программы Wolfram Mathematica 11.3.

Выполненные авторами исследования позволяют сделать вывод о том, что учет нелинейных деформаций в сочетании с приемами оптимального проектирования позволяет проектировать фундаментные конструкции в соответствии с требованиями

ми первой и второй групп предельных состояний, повысить адекватность расчетов и добиться существенной экономии бетона и арматуры. Кроме того, проведенный авторами анализ по данной тематике показал, что она изучена не в полной мере. Поэтому отрасль исследования нелинейных задач требует дальнейшей разработки как в плане создания общей методики их решения, так и численных методов расчета. Необходимо подчеркнуть, что предлагаемая методика расчета гибких ортотропных плит с учетом трещинообразования справедлива для любой модели упругого основания.

DEVELOPMENT OF THE THEORY OF NONLINEAR CALCULATIONS OF ORTHOTROPIC PLATES ON AN ARBITRARY ELASTIC BASE

Kozunova Oksana V. (kozunova@gmail.com)

Doctoral Student, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor
Belarusian National Technical University (BNTU)
Minsk, Republic of Belarus

Bosakov S.V. (sevibo@yahoo.com)

Dr. Sci. (Engineering), Professor
Belarusian National Technical University (BNTU)
Minsk, Republic of Belarus

Keywords: numerical-analytical methods, nonlinear elasticity, orthotropic plate, Zhemochkin method, elastic foundation model, static calculation, stiffness-curvature diagram

УДК 624.04:519.62

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-232-233>

ПРИМЕНЕНИЕ РОССИЙСКОГО ПАКЕТА CAE FIDESYS ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Попов В.Ю. (popov@cae-fidesys.com)

Руководитель направления

ООО «ФИДЕСИС»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: численные методы, CAE, МКЭ, МСЭ, спектральные элементы, программный комплекс, расчет, аттестация, сертификация, строительные конструкции, грунт

Рассматривается возможность применения отечественного программного комплекса для прочностного анализа CAE FIDESYS, основанного на методе конечных элементов (МКЭ), применительно к задачам строительной отрасли. Рассмотрение проводилось как с точки зрения функциональных возможностей, так и с точки зрения формальных требований по сертификации данного решения.

Приведены примеры решения различных задач механики деформированного твердого тела с применением различного типа конечных элементов (в т. ч. и комбинированных моделей из разных типов элементов). Представлены примеры решения статических и динамических задач с различными видами нелинейности (в т. ч. при совместном учете) – физической, геометрической и контактной нелинейности, а также с учетом демпфирования. Представлены примеры расчета грунтов с применением моделей Друкера-Прагера и Био (Biot). Показаны возможности высокоточного моделирования волновых процессов в многослойных и трещиноватых грунтах с применением особой модификации МКЭ – метода спектральных элементов (МСЭ).

Продемонстрированы результаты кросс-верификационного сравнения с программными комплексами Ansys и Abaqus, показывающие совпадения результатов расчетов при эквивалентности конечно-элементных моделей.

Показана структура программного комплекса и возможности его интеграции с другими программными решениями благодаря глубокой интеграции с языком программирования Python. Показана кроссплатформенность программного комплекса с поддержкой операционных систем не только семейства Windows, но и семейства Linux, в т. ч. с поддержкой отечественных версий – Astra и Alt Linux.

Описаны примеры применения пакета для задач параметрического моделирования с применением встроенного языка скриптов, а также в интеграции Python для решения задач оптимизации и разрушения. Упомянута возможность применения для создания моделей – цифровых двойников.

Рассказано о промышленных предприятиях и образовательных организациях, использующих CAE FIDESYS, и о тех задачах, которые они решают с применением программного комплекса.

Продемонстрирован сертификат добровольной сертификации о соответствии набору нормативных документов «№ 81, Рег. № РОСС RU.3596.04PG01», а также аттестационный паспорт ФБУ «НТЦ «ЯРБ» «№ 573 от 5 декабря 2022 г.», совместно выданного секцией прочности и строительной секцией, подтверждающий возможность использования CAE FIDESYS для расчета строительных конструкций. Согласно аттестационному паспорту, область

применения «не зависит от типа ОИАЭ», аттестованы статические и динамические анализы в линейной и нелинейной постановках, анализ устойчивости, модальный, гармонический и линейно-спектральный анализы.

Дополнительно рассказано об имеющихся возможностях применения в области аддитивных технологий в строительстве, а также о перспективах развития и доработки программного комплекса, в т. ч. для учета специфики пре- и постпроцессинга моделей строительных конструкций.

APPLICATION OF THE RUSSIAN PACKAGE CAE FIDESYS LLC TO SOLVING THE PROBLEMS OF STRENGTH CALCULATION IN CONSTRUCTION

Попов В.Ю. (popov@cae-fidesys.com)
Head of Department
FIDESYS LLC
Moscow, Russian Federation

Keywords: numerical methods, CAE, FEM, SEM, spectral elements, software package, calculation, attestation, certification, building construction, soil

УДК 624.04:519.62

<https://doi.org/10.37538/2949-219X-2023-234-236>

ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И ГИПОТЕТИЧЕСКИХ ЛОКАЛЬНЫХ РАЗРУШЕНИЯХ

Симбиркин Валерий Николаевич (simbirkin@eurosoft.ru)

Кандидат технических наук, главный инженер

ООО «ЕВРОСОФТ»

Москва, Российская Федерация

Панасенко Юрий Вячеславович (panyuriy@eurosoft.ru)

Инженер, руководитель группы экспертных расчетов

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: численные методы расчета, метод конечных элементов, физическая нелинейность, динамический расчет

Рассматривается численное решение системы дифференциальных уравнений динамического равновесия конструкций следующего вида [1]:

$$M \cdot \Delta \ddot{Y}(t) + C \cdot \Delta \dot{Y}(t) + \chi(t) K \cdot \Delta Y(t) = \Delta P(t) + [\chi(t) K_e - K_{e, \text{кас}}(t)] \cdot \Delta Y(t), \quad (1)$$

где M – матрица масс;

C – матрица демпфирования;

K – матрица начальной жесткости всей системы (при $Y = 0$);

K_e – матрица начальной жесткости нелинейных элементов (при $Y = 0$);

$K_{e, \text{кас}}(t)$ – матрица касательной жесткости нелинейных элементов в момент времени t ;

$\chi(t)$ – коэффициент, приближенным образом моделирующий нелинейность деформирования остальной части конструкции;

$\Delta \ddot{Y}(t)$, $\Delta \dot{Y}(t)$, $\Delta Y(t)$, $\Delta P(t)$ – приращения векторов ускорений $\ddot{Y}(t)$, скоростей $\dot{Y}(t)$, перемещений $Y(t)$ и нагрузок $P(t)$ на текущем шаге по времени t .

Система (1) может быть решена как методами прямого интегрирования, так и с использованием метода разложения реакции по векторам Ритца или формам собственных колебаний. В последнем случае

система (1) может быть преобразована к виду [1]:

$$E \cdot \Delta \ddot{\Psi}(t) + C_f \cdot \Delta \dot{\Psi}(t) + \chi(t) K_f \cdot \Delta \Psi(t) = \Phi^T \Delta P(t) + \Phi^T [\chi(t) K_e - K_{e, \text{кас}}(t)] \Phi \cdot \Delta \Psi(t), \quad (2)$$

где E – единичная матрица;

Φ – матрица M -ортономмированных форм собственных колебаний ($\Phi^T M \Phi = E$), определенных при начальной жесткости конструкции K ;

$C_f = \Phi^T C \Phi$ – в общем случае недиагональная матрица, что обусловлено непропорциональным демпфированием и наличием локальных демпферов;

$K_f = \Phi^T K \Phi$ – диагональная матрица, элементы которой равны квадратам круговых собственных частот конструкции;

$\ddot{\Psi}(t)$, $\dot{\Psi}(t)$, $\Psi(t)$ – векторы ускорений, скоростей и перемещений в нормальных координатах, такие, что $\ddot{Y}(t) = \Phi \ddot{\Psi}(t)$, $\dot{Y}(t) = \Phi \dot{\Psi}(t)$, $Y(t) = \Phi \Psi(t)$;

верхний индекс T означает транспонирование.

В докладе приведены примеры динамических расчетов нелинейных конструкций обоими методами интегрирования модели сейсмоизолированного здания на упругопластических опорах и мачты на оттяжках, односторонне работающими

только на растяжение, при кинематических воздействиях в виде акселерограмм. Используются программные комплексы ЛИРА-САПР (разработчик – ООО «ЛИРА САПР», Украина), в котором реализован метод прямого интегрирования, и STARK ES (разработчик – ООО «ЕВРОСОФТ», Россия), в котором применяется метод разложения динамической реакции конструкции по формам ее собственных колебаний. Показано, что использование метода разложения реакции по формам собственных колебаний позволяет получить линейное, упругопластическое или нелинейно-упругое решение, совпадающее с решением методом прямого интегрирования. Однако время, затраченное на решение динамической задачи, и объем файлов результатов снижаются многократно за счет учета в системе (2) не всех, а ограниченного числа необходимых собственных форм [2, 3].

Представлен пример проверочного расчета строительных конструкций здания аэровокзального комплекса (рис. 1) при сейсмических воздействиях, выполненного с помощью STARK ES. В качестве мероприятия, компенсирующего отступления архитектурных форм от указаний действующих норм, и с целью повышения сейсмостойкости здания предусмотрена установка жидкостно-вязкостных демпферов.

Показаны результаты решения задачи с использованием разных вариантов ра-

боты демпферов: нелинейно-вязкостных демпферов, реактивное усилие в которых нелинейно зависит от скорости перемещения штока, эквивалентных (по поглощенной энергии) линейно-вязкостных демпферов и эквивалентных (по максимальному усилию и поглощенной энергии) упругопластических элементов. Сделаны следующие выводы:

1. Устройство антисейсмической защиты сооружения путем применения жидкостно-вязкостных демпферов позволило реализовать в проекте сложную, не отвечающую требованиям норм, архитектурную форму сооружения на площадке с высокой расчетной сейсмичностью.

2. Наиболее эффективным оказалось применение нелинейно-вязкостных демпферов. Этот способ сейсмозащиты позволил снизить максимальную сейсмическую реакцию сооружения примерно в 3 раза.

3. Нелинейно-вязкостные демпферы возможно упрощенно моделировать эквивалентными линейно-вязкостными демпферами, обеспечивая при этом некоторый запас несущей способности конструкций.

В докладе также показаны результаты расчета статически неопределимой двухпролетной стальной балки на прогрессирующее разрушение при скоротечном аварийном выходе из строя средней опоры в упругопластической динамической постановке. При времени отказа 0,01 с ди-

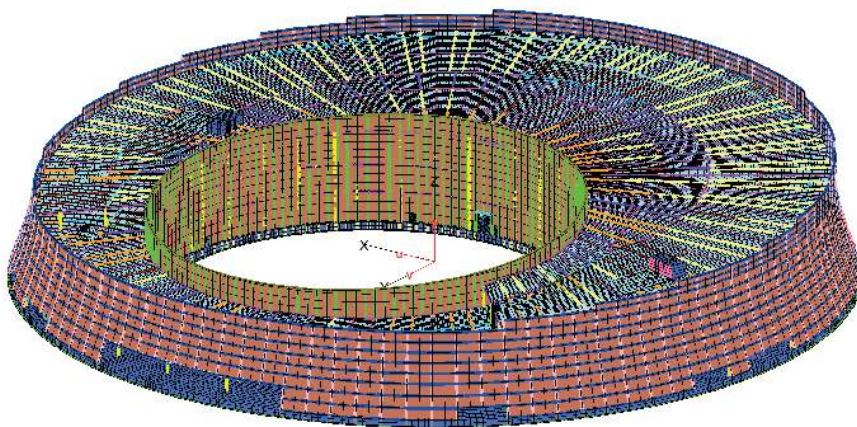


Рис. 1. Конечно-элементная модель здания терминала в ПК STARK ES

намический эффект оказался почти двухкратным. В случае выполнения линейного расчета это потребовало бы соответствующего увеличения сечения балки для ее защиты от последующего прогрессирующего разрушения. В то время как учет перераспределения усилий вследствие пластического деформирования доказал достаточную несущую способность балки. При времени отказа более 1–1,5 с величина динамического всплеска усилий после разрушения элемента, как правило, становится несущественной в сравнении с последствиями отказа в статической постановке.

Список литературы

1. Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В. Упрощенный нелинейный динамический расчет сооружений при сейсмических

воздействиях // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2017. № 5 (274). С. 32–36.

2. Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В. Учет указаний СП 14.13330.2018 при реализации расчета сооружений на сейсмические воздействия в программном комплексе STARK ES // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2019. № 2 (21). С. 103–113.

3. Филимонов А.В. Учет ненайденных форм собственных колебаний при расчете реакции зданий и сооружений на сейсмические воздействия // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2014. № 2. С. 46–53.

PHYSICALLY NONLINEAR DYNAMIC CALCULATION OF STRUCTURES UNDER SEISMIC IMPACTS AND HYPOTHETICAL LOCAL FAILURES

Simbirkin Valeriy N. (simbirkin@eurosoft.ru)

Cand. Sci. (Engineering), Chief Engineer

LLC EUROSOFТ

Moscow, Russian Federation

Panasenko Yuriy V. (panyuriy@eurosoft.ru)

Engineer, Group Leader

TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction

Moscow, Russian Federation

Keywords: numerical calculation methods, FEM, physical nonlinearity, dynamic calculation

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС
Наука. Инновации. Цели. Строительство

Сборник тезисов докладов

I

Редактор *Починина Н.Е.*
Корректор *Кублашвили А.Т.*
Компьютерная верстка *Кублашвили А.Т.*

*Издательство АО «НИЦ «Строительство»
Редакционно-издательский отдел ДНМД
109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6
тел.: +7 (495) 602-00-70 доб. 1022, 1023*

