



федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

Исх. от _____ № _____

УТВЕРЖДАЮ:
Директор НИИСФ РААСН
Шубин И.Л.
«10» марта 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Кхона Кхемарака на тему «Деформации и прочность изгибаемых элементов из высокопрочного железобетона при несовпадении плоскостей температурного перепада и нагружения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 - Строительные конструкции, здания и сооружения.

Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук рассмотрел результаты, изложенные в диссертации Кхона Кхемарака, и отмечает, что соискателем выполнены исследования и получены решения актуальных задач, связанных с изучением зависимости деформационных и прочностных свойств высокопрочных бетонов от температурных воздействий, а также влияния температурных перепадов в несовпадающих с плоскостью нагружения плоскостях на напряженно-деформированное состояние изгибаемых элементов из высокопрочного бетона.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ АВТОРОМ ДИССЕРТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ

Увеличение темпов и объемов строительства требует разработки и внедрения новых материалов, обладающих усовершенствованными свойствами. Для возведения высотных и большепролетных сооружений целесообразным является использование высокопрочных бетонов, позволяющих снизить материалоемкость и массивность конструкций без снижения несущей

способности. Однако, применение высокопрочных модифицированных бетонов нового поколения для возведения конструкций, подвергающихся воздействиям повышенных температур, сдерживается недостаточной изученностью закономерностей изменения физико-механических и реологических свойств высокопрочных бетонов при температурно-влажностных воздействиях. В связи с изложенным, решение поставленных в диссертации задач, включающих исследование влияния кратковременного и длительного нагрева до $+90^{\circ}\text{C}$ на прочностные и деформационные характеристики высокопрочного бетона, а также изучение напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов из высокопрочного бетона при совместном действии нагрузки и температурных перепадов в несовпадающих плоскостях, является **весьма актуальным** для строительной науки и практики проектирования.

Анализ и оценка содержания диссертации

Структура и содержание представленной на рассмотрение диссертации обусловлены заявленной целью работы, поставленными задачами и логикой исследования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 133 источников. Работа изложена на 152 страницах печатного текста, включает в себя 40 рисунков, 10 таблиц и 2 приложения.

Во введении раскрывается актуальность и степень разработанности заявленной темы, определены цель, объект и предмет исследования, поставлены соответствующие задачи работы, изложена новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, обоснованы методология исследования и достоверность полученных результатов, а также приведены сведения об апробации работы и публикациях по теме исследования.

В первой главе представлен обзор и проведен анализ исследований прочностных и деформационных свойств высокопрочных бетонов нового поколения на основе органоминеральных модификаторов в условиях воздействий повышенных температур, а также влияния неравномерного нагрева на напряженно-деформированное состояние изгибаемых элементов из высокопрочного бетона.

Во второй главе представлен состав исследуемого высокопрочного бетона и характеристики изготовленных опытных образцов, приведена программа экспериментов, дано описание методик экспериментальных и теоретических исследований.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований влияния повышенных до $+90^{\circ}\text{C}$ температур на физико-

механические и реологические характеристики высокопрочного модифицированного бетона в условиях кратковременного и длительного сжатия, исследовано влияние предварительного обжаривания на свойства бетона, даны предложения по учету и аналитическому описанию данных факторов.

Четвертая глава посвящена описанию результатов экспериментальных и теоретических исследований влияния кратковременного и длительного неравномерного нагрева на напряженно-деформированное состояние изгибаемых элементов из высокопрочного модифицированного бетона. Проведено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов при воздействии исследуемых факторов на основе нелинейной деформационной модели.

В заключении подводятся итоги исследования и формулируются основные выводы. Приведенные выводы отражают полученные результаты и соответствуют поставленным задачам работы.

Автором диссертации проведен обширный комплекс экспериментальных и теоретических исследований. На основании данных исследований выявлены зависимости влияния нагрева различной длительности до температур $+50^{\circ}\text{C}$, $+60^{\circ}\text{C}$, $+70^{\circ}\text{C}$ и $+90^{\circ}\text{C}$ на основные физико-механические свойства высокопрочного модифицированного бетона в части температурно-усадочных деформаций, прочности, начального модуля упругости и предельной сжимаемости при кратковременном сжатии, характеристик прочностных и деформационных свойств при нагружениях после длительного обжаривания, а также на его реологические свойства в части деформаций ползучести. Получены зависимости изменения напряженно-деформированного состояния, прочностных и деформационных характеристик железобетонных элементов балочного типа из исследуемого бетона от совместного воздействия неравномерного нагрева и возрастающего нагружения в несовпадающих плоскостях.

Оценка степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений. Представленный диссертантом обстоятельный аналитический обзор экспериментально-теоретических исследований отечественных и зарубежных специалистов позволил обоснованно выбрать направление исследований, сформулировать цель и задачи диссертационной работы.

Решение поставленных задач осуществлено применением комплексного метода, включающего экспериментальные и теоретические

исследования по стандартным методикам с использованием специально разработанного экспериментального оборудования, а также разрабатываемой прикладной программы для расчетов строительных конструкций на основе нелинейной деформационной модели железобетона. Полученные автором результаты экспериментальных и теоретических исследований составили надежную основу для решения практически важной задачи – разработки инженерной методики расчета изгибаемых железобетонных элементов конструкций из высокопрочного бетона на сложные режимы температурных перепадов и нагружения в несовпадающих плоскостях.

Достоверность экспериментальных результатов обеспечивается строгим соблюдением требований соответствующих нормативных документов при проведении экспериментальных исследований, а также использованием поверенного испытательного оборудования и средств измерения.

Достоверность полученных теоретических результатов подтверждается использованием общепринятых гипотез строительной механики, положений современной теории сопротивления железобетона с трещинами на основе нелинейной деформационной модели, а также удовлетворительной сходимостью полученных теоретических результатов с экспериментальными данными.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Полученные результаты диссертационного исследования отвечают критериям ***научной новизны*** и ***практической значимости***.

Научную значимость результатов работы составляют:

- установленные зависимости влияния кратковременного и длительного нагрева до $+90^{\circ}\text{C}$ на величины температурно-усадочных деформаций, на прочность, начальный модуль упругости и предельные деформации высокопрочного бетона при кратковременном осевом сжатии, а также на его деформации ползучести;

- выявленные закономерности изменений температурных усилий и их релаксации в статически неопределимых железобетонных элементах-балках из высокопрочного бетона в зависимости от принятых режимов неравномерного нагрева;

- выявленные зависимости характеристик напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов из

высокопрочного бетона от характерных режимов воздействий температурных перепадов и возрастающего нагружения в несовпадающих плоскостях.

Особую *значимость для развития соответствующей отрасли науки* представляют результаты выполненного компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния изгибаемого железобетонного элемента при совместном воздействии нагрева и изгибающих моментов в несовпадающих плоскостях на основе нелинейной деформационной модели. Применение такой модели, учитывающей физическую нелинейность деформирования, трещинообразование и длительные процессы в бетоне, позволяет получить наиболее точные характеристики напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов конструкций на всех этапах нагружения, включая стадию предельного равновесия непосредственно перед разрушением.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в разработке предложений по развитию СП 27.13330.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» в части уточнения характеристик прочностных и деформационных свойств при осевом сжатии высокопрочного модифицированного бетона классов по прочности до В80 в условиях кратковременного и длительного нагрева до 90°C.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ, ПРИВЕДЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Установленные Кхоном Кхемараком закономерности влияния неравномерного нагрева при совместном действии нагрузки в несовпадающих плоскостях на физико-механические и реологические характеристики исследуемого высокопрочного модифицированного бетона и изготовленных из него изгибаемых элементов имеют важное значение как для строительной науки, так для практики проектирования железобетонных конструкций.

Для науки существенное значение имеют установленные автором на основе результатов экспериментальных исследований закономерности влияния кратковременного и длительного нагрева до +90°C на прочность, начальный модуль упругости, предельную сжимаемость, на температурно-усадочные деформации и деформации ползучести бетона исследованного состава.

Для практики проектирования изгибаемых железобетонных элементов, работающих в условиях воздействий повышенных температур и температурных перепадов, существенное значение имеют предложенные

автором рекомендации по уточнению применительно к высокопрочным бетонам представленных в СП 27.13330.2017 коэффициентов температурных деформаций, температурной усадки, коэффициентов ползучести, значений предельных деформаций и прочности для режимов кратковременного и длительного нагрева.

Особую значимость представляет также проведенное исследование возможности расчета конструкций из высокопрочного бетона при температурных воздействиях с применением нелинейной деформационной модели, наиболее точно отражающей связь между напряжениями и деформациями в железобетонных элементах.

Внедрение полученных результатов в практику проектирования и строительства железобетонных конструкций позволит более полно использовать преимущества нового поколения высокопрочных бетонов при возведении объектов, работающих в условиях воздействия повышенных температур.

Предложенные методики и рекомендации могут быть включены в СП 27.13330.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» при последующем переиздании.

Полученные результаты также могут быть использованы в учебном процессе для студентов, обучающихся по направлению «Строительство», при изучении дисциплин, связанных с характеристиками свойств новых видов бетонов при воздействиях повышенных температур.

Замечания по тексту диссертации:

1. Исследования деформаций ползучести высокопрочного модифицированного бетона производились на образцах-призмах при уровне сжимающих напряжений порядка $0,3R_b$. При этом для ряда практических методов расчета, в частности, для упоминаемой на страницах 33-34 диссертации методики диаграмм-изохрон, важным является определение деформаций ползучести при гораздо более высоком диапазоне уровней нагружения. Следовало бы объяснить, почему в экспериментальных исследованиях уровень длительных сжимающих напряжений ограничен величиной $0,3R_b$.
2. На стр. 89 диссертации указывается на важность учета начальной влажности бетона при определении его модуля упругости, прочности, предельных деформаций при кратковременном и длительных нагружениях, в том числе для анализируемых автором климатических

условий Юго-Восточной Азии. При этом в результатах исследований автора влияние этого фактора на исследуемые характеристики свойств высокопрочного бетона не представлены

3. На стр. 91 диссертации дается ссылка на рисунки 3.8 в, г.. Вероятно, допущена опечатка при оформлении диссертации. Указанная ссылка по смысловому содержанию относится к рисунку 3.7 в, г.
4. На стр. 113 диссертации утверждается: «Из результатов анализа опытных диаграмм $\langle \sigma_b - \varepsilon_b \rangle$, представленных в разделе 3, величину коэффициента K_I с учетом возможной работы бетона на нисходящей ветви рекомендуется принимать равной 2.1». Однако, для высокопрочных бетонов нисходящая ветвь диаграммы обычно не учитывается вследствие их повышенной хрупкости. Представленные на рис. 3.7 диссертации диаграммы сжатия не имеют нисходящей ветви. Следовало бы уточнить, при каких условиях необходим учет работы бетона на нисходящей ветви диаграммы.
5. Важным в деформационной модели железобетона является корректный учет работы железобетона с трещинами. В этой связи применение в теоретических исследованиях коэффициента ψ_s , изученного достаточно полно для случаев плоского изгиба, требует отдельного обоснования для рассматриваемых в диссертации случаев косоугольного изгиба.
6. Текст заключения следовало бы дополнить рекомендациями по дальнейшей разработке темы исследований.

Высказанные замечания не умаляют достоинств диссертации, которая представляет собой законченное научное исследование. Полученные автором результаты, научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны, обладают высоким уровнем новизны и имеют как теоретическое, так и важное практическое значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационного исследования опубликовано 9 научных статей, из которых 1 статья опубликована в журнале, включенном в перечень ВАК, 5 статей опубликованы в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 3 статьи – в РИНЦ-индексируемых изданиях. Автореферат и опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации.

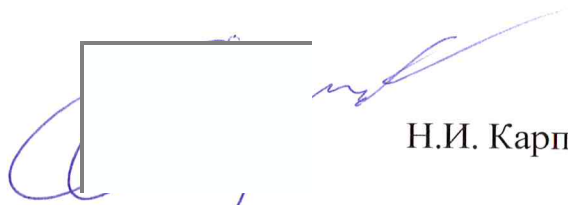
Диссертация Кхона Кхемарака **«Деформации и прочность изгибаемых элементов из высокопрочного железобетона при**

несовпадении плоскостей температурного перепада и нагружения» по актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является **научно-квалификационной работой**, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое значение, и изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а ее автор, **Кхон Кхемарак**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Диссертационная работа обсуждена и отзыв на диссертацию утвержден на расширенном заседании лаборатории №9 «Проблемы прочности и качества в строительстве» НИИСФ РААСН. Присутствовало 6 человек. Результаты голосования: «за» - 6 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет. Протокол № 1 от «20» марта 2024 г.

Профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник лабораторией № 9 НИИСФ РААСН

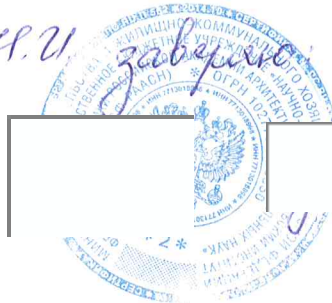
e-mail: niisf_lab9@mail.ru
тел. +7 (495) 482-40-18


Н.И. Карпенко
«20» марта 2024 г.

федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук»
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

e-mail: niisf@niisf.ru
тел. +7 (495) 482-40-76

Подпись Карпенко Н.И.



ЗАВ.ОТДЕЛОМ КАДРОВ
НИИСФ РААСН
РАСЧИНСКАЯ И.С.