

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора

Морозова Валерия Ивановича

на диссертационную работу **Моисеенко Георгия Александровича** на тему:

**«ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ВЫСОКОПРОЧНОГО СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ПРИ
КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ И ИХ УЧЕТ В
ДИАГРАММНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Официальному оппоненту для подготовки отзыва были представлены: диссертация на 238 страницах машинописного текста, включающая введение, пять глав с выводами по каждой из них, заключение, список использованной литературы из 184 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, иллюстрации в форме 47 таблиц и в виде 93 рисунков, 1 приложение, включающее 2 акта о внедрении, автореферат диссертации на 28 страницах, копии 8 статей соискателя, опубликованных им лично и в соавторстве, в том числе в рецензируемых изданиях.

На основании рассмотрения представленных материалов формулируется заключение о том, что диссертация **Моисеенко Г.А.** на тему: **«ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ И ИХ УЧЕТ В ДИАГРАММНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ»** содержит признаки научно-квалификационной работы, соответствующие паспорту специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения», и отвечает областям исследования, предусмотренным п. 3 паспорта: «Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований вновь возводимых, восстанавливаемых и усиливаемых строительных конструкций, наиболее полно учитывающих специфику воздействий на них, свойства материалов, специфику конструктивных решений и другие особенности».

Актуальность избранной темы

Рецензируемая диссертационная работа **Моисеенко Г.А.** посвящена решению важной научно-технической задачи изучения характеристик физико-

механических и реологических свойств высокопрочного сталефибробетона и развития на этой основе методов расчета конструкций зданий и сооружений из высокопрочных бетонов нового поколения. Результаты работы обосновывают возможность применения в современном строительстве новых конструкционных материалов — мелкозернистых высокопрочных бетонов нового поколения, получаемых введением в их состав новых модификаторов и стальной фибры в оптимальных пропорциях. Такое решение позволяет существенно повысить трещиностойкость и прочность конструкций из высокопрочных бетонов, что является очень важным при возведении большепролетных мостовых конструкций, высотных объектов, сооружений оболочечного типа и др.

В связи с изложенным, тема диссертационного исследования Г.А. Моисеенко, связанная с изучением характеристик физико-механических и реологических свойств высокопрочного сталефибробетона и разработкой аналитических соотношений для их описания применительно к расчетам конструкций, представляется актуальной. При этом обращается внимание, что часть результатов работы получена автором при выполнении трех НИР по программам ФНИ Минстроя России и РААСН в области строительных наук.

Анализ и оценка содержания диссертации

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертации, определены объект и предмет, цель и задачи исследований, научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, сведения о достоверности и обоснованности полученных результатов, положения, выносимые автором на защиту, сведения об апробации и публикациях основных результатов, полученных в диссертации.

Первая глава диссертации посвящена анализу научных публикаций отечественных и зарубежных авторов по исследованию характеристик свойств высокопрочных бетонов (ВПБ) и высокопрочного сталефибробетона (ВСФБ) при нагружениях различной длительности. Рассмотрены физические основы ползучести бетона и основные варианты теоретического описания деформаций ползучести. Особое внимание уделено методике описания диаграмм деформирования бетона с учетом длительности действия нагрузок в форме диаграмм-изохрон при эталонных режимах нагружения, что очень важно для разработки машиноориентированных методов расчета. Уделено внимание

способам учета влияния масштабного фактора на физико-механические и реологические свойства бетона. Выводы к главе содержат обоснование цели и задач диссертационного исследования.

Во *второй главе* диссертации представлены составы исследуемых высокопрочных бетонов и сталефибробетона, конструкции опытных образцов, программа экспериментальных исследований. Представлено описание испытательного оборудования, методов экспериментального исследования характеристик механических свойств высокопрочных бетона и сталефибробетона при кратковременных нагрузениях осевым сжатием, осевым растяжением, растяжением при изгибе, а также реологических свойств при длительном осевом сжатии. Приведены результаты испытаний и их анализ.

В *третьей главе* диссертации представлены результаты теоретической обработки данных испытаний исследуемых бетонов при кратковременных нагрузениях, разработаны аналитические зависимости для определения призмной прочности и начального модуля упругости при сжатии исследуемого ВСФБ при минимальном эффективном содержании фибры и его матрицы в зависимости от возраста. Разработаны предложения по корректировке выражений для описания диаграмм продольных и поперечных деформаций исследуемых бетонов в зависимости от уровня нагружения при кратковременном сжатии по методике Н.И. Карпенко. Достоверность разработанных модифицированных выражений подтверждена сопоставлением с данными экспериментальных исследований.

В *четвертой главе* диссертации выполнен анализ результатов исследований деформаций усадки и ползучести исследуемых бетонов при различных значениях возраста к началу измерений (7, 28 и 100 суток), представлены результаты разработки и уточнения аналитических зависимостей и их параметров для описания соответствующих величин деформаций усадки, текущих и предельных мер ползучести. Описание мер ползучести с учетом их нелинейности применительно к новым исследуемым бетонам выполнено на основе корректировки методик, хорошо отражающих закономерности длительного деформирования традиционных бетонов средних классов прочности. Особое внимание уделено развитию перспективной для машиноориентированных методов расчетов методике трансформируемых диаграмм-изохрон. Соискателем подобраны параметры к аналитическим зависимостям, обеспечивающие хорошую сходимость с результатами экспериментальных исследований для бетонов в любом возрасте нагружения и

в широком спектре значений продолжительности действия нагрузки. Выполнено уточнение методики построения диаграмм-изохрон применительно к ВСФБ и его матрице при осевом сжатии в части учета нелинейности предельных и общих мер ползучести в зависимости от уровня прикладываемой нагрузки.

В *пятой главе* дано развитие современного диаграммного метода расчета железобетонных конструкций на основе разработанных соискателем методик в части учета длительности действия нагрузки. Внесены предложения по использованию диаграмм-изохрон при расчете стержневых конструкций по нелинейной деформационной модели, что позволяет учитывать фактор ползучести при определении деформаций конструкций в любой момент времени нагружения. Разработаны рекомендации по учету длительности действия нагрузки для различных случаев нагружения. Приведен расчет конструкции центрально сжатой колонны из исследуемых высокопрочных бетонов по предлагаемой методике, дающий более точную картину деформирования конструкции для любого момента времени нагружения по сравнению с результатами расчета по стандартным методикам, изложенным в СП 63.13330.2018.

В *заключении* изложены основные выводы по диссертации, которые отражают главные результаты выполненных исследований, подтверждают достижение поставленной цели и решение соответствующих задач.

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

Обоснованность научных положений подтверждается применением общих гипотез строительной механики, теории упругости, достаточно полно разработанных вариантов теории ползучести, сопоставлением результатов расчетов с экспериментальными данными.

Представленный соискателем обстоятельный аналитический обзор результатов исследований характеристик свойств высокопрочных бетонов при нагружениях различной длительности, а также методов расчетной оценки деформаций и прочности элементов конструкций с указанием их достоинств и недостатков позволил обоснованно выбрать направление исследований, сформулировать цель и задачи диссертационной работы.

Основой для решения поставленных задач является метод экспериментальных исследований базовых характеристик физико-механических и реологических свойств высокопрочных бетона и сталефибробетона в зависимости от значимых факторов – возраста бетона к началу испытаний, продолжительности и уровня длительного нагружения. Полученные автором результаты экспериментальных и теоретических исследований составили надежную основу для решения практически важной задачи – разработки и обоснования инженерных методов расчета конструкций из современных высокопрочных бетонов на силовые воздействия различной длительности.

Основные результаты исследований достаточно полно опубликованы в 8 научных статьях, 7 из которых представлены в рецензируемых изданиях, включенных в рекомендованный перечень ВАК. Апробацию результаты работы прошли в обсуждениях на 3-х научных конференциях и при независимых экспертных оценках результатов 3-х НИР по программам ФНИ Минстроя России и РААСН в области строительных наук.

Достоверность представленных в диссертации основных результатов и выводов подтверждается данными, полученными в экспериментальной части с применением традиционных методов испытаний нагружением с использованием поверенных измерительных приборов, а в теоретической части – применением общепринятых гипотез и допущений строительной механики, теории упругости, достаточно развитых вариантов теории ползучести, удовлетворительным соответствием расчетных величин деформаций результатам экспериментальных исследований. Результаты диссертационного исследования получили внедрение в практику проектирования, что подтверждается двумя актами о внедрении.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований соответствуют поставленным задачам. Выводы по разделам диссертации соответствуют результатам исследований и отражают выявленные закономерности изменения характеристик свойств исследуемых высокопрочных бетона и сталефибробетона в зависимости от факторов влияния, а также содержат практические рекомендации по определению исследуемых характеристик применительно к инженерным и машиноориентированным методам расчета.

Новизна научных результатов

Представленные в работе результаты в достаточной мере отвечают признакам научной новизны, так как содержат новые данные, полученные на основе проведенных:

- построены диаграммы продольного и поперечного деформирования изучаемого ВСФБ с минимальным эффективным содержанием фибры и его матрицы при кратковременном осевом сжатии и дана методика их теоретического описания;

- математически описано влияние возраста бетона на призмную прочность и модуль упругости изучаемого ВСФБ с минимальным эффективным содержанием фибры и его матрицы;

- определена зависимость деформаций усадки изучаемого ВСФБ при минимальном эффективном содержании фибры и его матрицы от возраста бетона и длительности наблюдения;

- дано развитие методик описания общих и предельных мер ползучести изучаемого ВСФБ при минимальном эффективном содержании фибры и его матрицы в соответствии с различными подходами в зависимости от возраста бетона при нагружении осевым сжатием, уровня и продолжительности действия нагрузки;

- разработана методика построения диаграмм-изохрон изучаемого ВСФБ при минимальном эффективном содержании фибры и его матрицы для любого момента нагружения;

- предложена методика по учету длительности действия нагрузки и фактора ползучести бетона при расчете железобетонных конструкций по нелинейной деформационной модели.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Материалы диссертации содержат данные экспериментальных исследований влияния значимых факторов (процента фибрового армирования, возраста бетона, уровня и продолжительности длительного нагружения сжатием) на важные для построения методов расчета характеристики физико-механических и реологических свойств высокопрочного сталефибробетона и его матрицы. Результаты исследования позволили выявить основные закономерности кратковременного продольного и поперечного

деформирования высокопрочного сталефибробетона при осевом сжатии, при осевом растяжении и при растяжении с изгибом, а также длительного нагружения осевым сжатием.

На основе полученных лично автором, а также привлеченных для анализа опытных данных других исследователей разработаны аналитические выражения для оценки в практических расчетах характеристик механических свойств и длительных деформаций высокопрочного сталефибробетона с минимальным эффективным содержанием фибры, выполнено уточнение методики построения диаграмм-изохрон применительно к ВСФБ и его матрице при осевом сжатии, в рамках которой предложен единообразный подход к учету нелинейности общих и предельных мер ползучести в зависимости от уровня нагружения.

Предлагаемая методика использования диаграмм-изохрон при расчете железобетонных конструкций позволяет получить более точную картину развития деформаций для любого момента времени нагружения, а также учесть влияние фибрового армирования на деформации ползучести при длительном нагружении.

Результаты исследований автора получили практическое применение при разработке Методического пособия «Автоматизированные методы расчета массивных железобетонных конструкций при объемном напряженном состоянии».

Обоснованность выводов и рекомендаций

Выводы, представленные в конце каждого раздела диссертации и основные выводы в заключении, отражают главные результаты выполненных исследований, логически вытекают из содержания диссертации и подтверждают достижение цели работы и решение поставленных в диссертации задач. Рекомендации по оценке расчетными методами характеристик механических и реологических свойств исследованных высокопрочных бетона и сталефибробетона в зависимости от факторов влияния проверены сопоставлением с данными экспериментальных исследований и внедрены в практику проектирования.

Замечания по тексту диссертации

1. Глава 1 диссертации представляется перенасыщенной сведениями исторического плана, а также построена в форме перечисления работ и их результатов в привязке к авторам. Следовало бы построить изложение в большей степени с позиций анализа предмета исследования, т.е., характеристик механических и реологических свойств бетонов в зависимости от значимых факторов с соответствующими ссылками на авторов. Такая форма изложения позволила бы исключить повторы информации и представить результаты анализа более лаконично.

2. Максимальные поперечные деформации образцов-призм от усадки у МВБ (рис. 2.22 диссертации) оказались по абсолютной величине выше продольных деформаций. У ВСФБ такой четкой картины не наблюдается (рис. 2.23 диссертации). Объяснения таких различий в соотношениях поперечных и продольных деформаций от усадки бетонов в тексте диссертации отсутствуют.

3. На странице 116 диссертации автором утверждается: «... коэффициент поперечной деформации ползучести (КПДП) значительно, в среднем на 40% у МВБ и на 50% у ВСФБ, ниже коэффициента поперечной деформации (КПД) при кратковременном нагружении, что является отражением различий в поперечном деформировании бетонов при кратковременном и длительном действии нагрузки». Физическая природа таких отличий непонятна. Из текста диссертации не ясно, исключались ли из полных деформаций образцов-призм деформации усадки бетона?

4. Утверждение на стр. 87 диссертации о выявленной тенденции к повышению модуля упругости и снижению коэффициента поперечной деформации у образцов с повышением содержанием фибры требует пояснения в части коэффициента поперечной деформации.

5. Данные в таблицах 3.3, 3.4 и 3.5 на страницах 122 и 126 следовало бы дополнить относительными величинами (в %) отклонений расчетных величин от опытных.

6. При определении значений длительного сопротивления бетона по формуле (4.18) коэффициентом $\gamma_t = 1$ учитывается жесткий режим нагружения. При этом для мягких режимов нагружения эта величина не оговорена.

7. Из текста диссертации не ясно, изучалось ли влияние мягких режимов нагружения на предельные значения мер ползучести бетонов

исследуемых составов и каким образом учитывается это влияние в предлагаемых автором модифицированных аналитических выражениях?

8. Часть пунктов выводов по главам диссертации и общие выводы в заключении представляются громоздкими с повторением ряда фраз из текстов соответствующих глав. Следовало бы принять более лаконичную форму представления выводов.

9. Приоритетным направлением исследований настоящей диссертации является описание свойств исследуемого высокопрочного сталефибробетона и его матрицы при различных силовых воздействиях на основе испытания стандартных образцов. В качестве дальнейшего направления исследований по данной теме рекомендуется дать развитие полученных результатов на различные виды железобетонных конструкций с учетом особенностей их работы при различных режимах нагружения.

Заключение

Текст диссертации написан, в целом, технически грамотно. Отмеченные замечания не носят принципиального характера, не снижают ценности полученных автором результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне, представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи развития методов расчета конструкций зданий и сооружений из высокопрочных модифицированных бетона и сталефибробетона нового поколения на основе исследований экспериментальными методами характеристик физико-механических и реологических свойств при нагружениях различной длительности.

Автореферат диссертации по содержанию и оформлению соответствует требованиям ВАК и ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа соискателя Моисеенко Г.А. отвечает всем установленным критериям научно-квалификационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью соответствует пункту 3 паспорта научной специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения». Диссертация Моисеенко Георгия Александровича выполнена на актуальную тему, содержит решение задачи изучения характеристик физико-механических и реологических свойств высокопрочного сталефибробетона, имеющей важное значение для развития на этой основе методов расчета конструкций зданий и сооружений из высокопрочных бетонов нового поколения. Диссертация на тему **«ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ И ИХ УЧЕТ В ДИАГРАММНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ»** полностью соответствует критериям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Моисеенко Георгий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент,
Профессор кафедры железобетонных и
каменных конструкций ФГБОУ ВО СПбГАСУ,
чл. корр. РААСН, профессор, доктор техн. наук
научная специальность 05.23.01 – «Строительные
конструкции, здания и сооружения»,

Морозов Валерий Иванович

190005, Санкт-Петербург, 2-я
Красноармейская ул., д. 4, СПбГАСУ
тел. +7 (812) 316 58 01
morozov@spbgasu.ru

