

ОТЗЫВ

официального оппонента, заведующего лабораторией
«Диагностика бетонных плотин» ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»,
кандидата технических наук, Загрядского Ивана Игоревича на
диссертационную работу Елистратова Владимира Николаевича на тему:
«Развитие методов расчета сжатых железобетонных элементов при длительном
загружении с учетом мгновенной нелинейности бетона», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав с выводами по каждой из них, общих выводов, списка литературы и приложений. Она содержит 180 страниц машинописного текста, включающая 24 таблицы, 24 рисунка, список литературы из 175 наименований (в том числе 27 работ зарубежных авторов) и 16 приложений.

Автореферат имеет объем 24 страницы, в котором приведены основные научные публикации соискателя по теме диссертационного исследования. Из опубликованных 8 научных работ, 4 статьи опубликованы в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность рецензируемой работы определяется совершенствованием теории железобетона в части развития методов расчета сжатых железобетонных элементов при длительном нагружении с учетом нелинейной зависимости между мгновенными деформациями бетона и напряжениями в соответствии с *Eurocode 2* (мгновенная нелинейность бетона).

Многие отечественные и зарубежные ученые указывали на необходимость совместного учета мгновенной нелинейности бетона и нелинейной ползучести при исследовании изменения во времени напряженно-

деформированного состояния сжатых железобетонных элементов, подверженных длительно действующей нагрузкой. При этом они подчеркивали, что это чрезвычайно сложная задача, приводящая к математическим трудностям при расчете железобетонных элементов.

Следует отметить, что теория упругого железобетона и расчетные формулы, полученные в предположении мгновенно-упругой работы бетона, не позволяют правильно оценивать работу железобетонных конструкций подверженных высоким уровням загрузки, в том числе в полной мере исследовать напряженно-деформированное состояние сжатых железобетонных элементов при различных уровнях длительного нагружения. Считаю, что исследования соискателя несомненно отражают актуальность темы диссертационной работы, являются новыми, так как на данный момент в литературе отсутствуют работы этого научного направления.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Из диссертационной работы можно сделать вывод о том, что соискателю удалось определить круг основных научных исследований, позволивших в теории железобетона разработать новую методику для определения длительного напряженно-деформированного состояния сжатых железобетонных элементов при высоких уровнях загрузки при совместном учете нелинейной ползучести и мгновенной нелинейности бетона, а также совершенствовать методику расчета условной критической силы.

Следует отметить, что в рамках различных теорий ползучести бетона соискатель предложил уточненные модели ползучести бетона; построил разрешающие уравнения по расчету напряжений и деформаций бетона и арматуры в сжатых железобетонных элементах, подверженных высоким уровням длительного нагружения с учетом мгновенной нелинейности и нелинейной ползучести бетона; поставил и провел экспериментальные исследования по длительному нагружению сжатых железобетонных элементов,

изучил влияние мгновенной нелинейности бетона на напряжения и деформации в бетоне и арматуре, а также на величину характеристики ползучести бетона; предложил приближенный способ учета мгновенной и длительной нелинейности деформирования бетона в расчетах нормативной условной критической силы.

Теоретические результаты научных исследований не вызывают сомнений, так как они проверены и подтверждены экспериментальными исследованиями сжатых железобетонных призм, подверженных высокими уровнями загрузки, характеризующих область нелинейной ползучести.

3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

В рассматриваемой диссертации критически проанализированы теоретические положения предшествующих исследователей по учету ползучести бетона и зависимости напряжений от деформаций при его мгновенном деформировании, оказывающих влияние на результаты расчетов напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций, изложенные в 148 отечественных и 27 зарубежных источниках.

Изучение выводов, научных результатов и основных положений диссертации показало, что соискатель хорошо владеет вопросом и четко излагает доказательства правильности своих научных результатов и выводов.

Соискателем корректно использованы апробированные опытом уравнения теории ползучести для расчетов напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций, а также применены новые методы расчета напряжений и деформаций бетона и арматуры в сжатых железобетонных элементах, подверженных высоким уровням длительного нагружения с учетом мгновенной нелинейности и нелинейной ползучести бетона.

Обоснованность и достоверность результатов исследований, выводов и рекомендаций достигается корректным обоснованием ограничений и допущений, принятых в ходе исследования, применением соискателем современного математического аппарата, проведенной оценкой достоверности экспериментальных исследований, подтверждением результатами сравнения расчетных и фактических значений деформаций и напряжений в железобетонных образцах.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в возможности применения разработанной методики для уточненных расчетов:

- напряжений и деформаций в бетоне и арматуре колонн с течением времени;

- параметров ползучести железобетонных колонн и условной критической силы, предусмотренной нормативными документами, при различных схемах загрузки с учетом нелинейной диаграммы мгновенного деформирования бетона в соответствии с *Eurocode 2*.

Практическая ценность выполненной работы состоит в уточнении уравнений ползучести бетона путем учета в них мгновенной нелинейности бетона и получении разрешающих уравнений для определения напряжений и деформаций бетона и арматуры во времени при высоких уровнях загрузки.

Предложенная в диссертации методика расчета условной критической силы с учетом мгновенной нелинейности и нелинейной ползучести бетона принята к использованию и применена проектным институтом ООО «Северная Столица» (Санкт-Петербург) группы компаний К-ГРУПП при оценке несущей способности монолитных железобетонных колонн при проектировании административного здания в г. Мурманск.

Научные результаты диссертации могут быть рекомендованы для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований данного раздела теории железобетона.

5. Критические замечания и недостатки

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, стоит отметить ряд замечаний.

5.1. По оформлению диссертации: отсутствует единый список наиболее употребительных условных обозначений в работе. На наш взгляд, подобный список облегчил бы ее чтение и понимание.

5.2. Имеются немногочисленные не вполне корректные определения и описки. Требуется уточнить:

- какой именно возраст бетона обозначен символом τ (табл. 1.1.1, строки 1, 4);

- какое отношение имеет функция $f'(\theta-\tau)$ к мере ползучести $C(t, \tau)$ (табл. 1.1.1, строка 2);

- по какой прямой линии происходит разгрузка (Выводы к Главе 2, п. 4);

- на какого Александровского Р.С. делаются ссылки (стр. 7, 8, 80).

5.3. В обзоре существующих теорий ползучести не освещены важные результаты исследований ползучести бетона последних десятилетий (после 1970 г.) американского института бетона АСІ (бюллетени АСІ под ред. З.П. Бажанта и проч.) и европейских исследователей (бюллетени СЕВ под ред. А.М. Чиорино и проч.). Практически все труды зарубежных авторов, приведенные в списке литературы, опубликованы до 1975 г.

5.4. Как известно, полные относительные деформации бетона $\varepsilon_{\text{полн}}(t)$ принято разделять на составляющие следующим образом: $\varepsilon_{\text{полн}}(t) = \varepsilon_{\text{мгнов}}(t) + \varepsilon_{\text{ползуч}}(t) + \varepsilon_{\text{усадки}}(t)$, где $\varepsilon_{\text{мгнов}}(t)$ – мгновенные деформации; $\varepsilon_{\text{ползуч}}(t)$ – деформации ползучести; $\varepsilon_{\text{усадки}}(t)$ – температурно-влажностные и структурные

деформации усадки (набухания). Вместо этого в диссертации при построении основной системы уравнений и при обработке данных экспериментов принято $\varepsilon_{\text{полн}}(t) = \varepsilon_{\text{мгнов}}(t) + \varepsilon_{\text{ползуч}}(t)$, что представляется нам не вполне корректным, поскольку по приведенным в диссертации экспериментальным данным в среднем $\varepsilon_{\text{полн}}(t) = 1,87 \cdot 10^{-3}$; $\varepsilon_{\text{усадки}}(t) = 0,44 \cdot 10^{-3}$. Таким образом, деформации усадки бетонных образцов составили 23 % от их полных деформаций, и пренебрегать ими недопустимо. Некоторые авторы указывают на то, что простое сложение деформаций $\varepsilon_{\text{мгнов}}(t) + \varepsilon_{\text{ползуч}}(t) + \varepsilon_{\text{усадки}}(t)$ не вполне корректно, поскольку они оказывают влияние друг на друга, и их действие не аддитивно. При дальнейших исследованиях и использовании полученных результатов рекомендуем указать способ учета деформаций усадки.

5.5. Следует оговорить, что формула (2.1.15) применима только для интервала $0 < \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b0}$.

5.6. В результате оценки качества аппроксимации зависимости (2.1.2) полиномиальной зависимостью (2.1.15) $\varepsilon_b = a\sigma_b + b\sigma_b^2 + c\sigma_b^3 + d\sigma_b^4 + e\sigma_b^5$ с коэффициентами a, b, c, d, e , определяемыми по формулам (2.1.17) – (2.1.21), нами было установлено следующее:

Во-первых, полиномиальная аппроксимация (2.1.15) является приближенной, то есть подстановка полинома от σ_b в правую и левые части зависимости (2.1.2) не обращает ее в верное тождество.

Во-вторых, качество полиномиальной аппроксимации существенно зависит от уровня действующих напряжений. При $\sigma_b \leq 0,65 R_b$ относительная погрешность полиномиальной аппроксимации (2.1.15) составляет менее 5 % даже с удержанием только первого члена полинома $a\sigma_b$, что вполне приемлемо для инженерных расчетов. Относительная погрешность полиномиальной аппроксимации даже при удержании всех пяти членов полинома при $\sigma_b \geq 0,95 R_b$ превышает 5 %, а при $\sigma_b = R_b$ превышает 19 %. Приведенные выше значения относительной погрешности аппроксимации были вычислены нами для тестового примера с $R_b = 40$ МПа; $E_b = 40\,000$ МПа; $\varepsilon_{b0} = 0,002$.

Поскольку полиномиальную аппроксимацию планируется использовать при значениях σ_b , близких к R_b , рекомендуем ее уточнить.

Возможны и другие варианты, например: при $\sigma_b \leq 0,65 R_b$ допустимо использовать предложенную полиномиальную аппроксимацию (2.1.15) с одним членом; при $0,65 R_b < \sigma_b \leq 0,90 R_b$ следует использовать предложенную полиномиальную аппроксимацию (2.1.15) со всеми пятью членами, а при $\sigma_b > 0,90 R_b$ – использовать непосредственно зависимость (2.1.2).

Кроме того, мы рекомендуем исследовать возможность непосредственного использования в математических выкладках связи деформаций с напряжениями, получаемой из формулы Саржина (2.1.2), без ее замены полиномиальной зависимостью. Полученное таким способом решение будет корректнее при высоких уровнях напряжений. К тому же, оно будет строго соответствовать СП 63.13330.2012.

5.7. В диссертации говорится о принципиальной возможности учета изменения во времени физико-механических свойств бетона, но многие важные результаты, в частности зависимости характеристики ползучести от действующих деформаций, напряжений и физико-механических свойств бетона (2.2.21), (2.2.23), (2.2.25)–(2.2.32), приводятся только для бетона, свойства которого постоянны во времени ($R_b = \text{const}_1$; $E_b = \text{const}_2$; $\varepsilon_{b0} = \text{const}_3$). Учет изменения во времени указанных параметров существенно усложнит итоговые зависимости.

Однако, отмеченные недостатки носят рекомендательный характер, не относятся к главному содержанию работы и не существенно влияют на общую оценку работы. Предложенные рекомендации могут быть учтены соискателем в дальнейших научных исследованиях.

6. Выводы и рекомендации

Диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основе выполненных соискателем обобщений, теоретических, расчетных и экспериментальных исследований решена научная задача, посвященная разработке методики для уточненных расчетов

напряжений и деформаций в бетоне и арматуре колонн с течением времени с учетом нелинейности мгновенного деформирования железобетона и его ползучести.

Основные положения работы докладывались:

на 60-й Международной научно-технической конференции молодых ученых СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 25–27 апреля 2007 г.),

на 66-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 3–5 февраля 2009 г.),

на 67-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 3–5 февраля 2010 г.),

на 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 2–4 февраля 2011 г.),

на II Международном конгрессе студентов и молодых ученых (аспирантов, докторантов) «Актуальные проблемы современного строительства» (СПбГАСУ, Санкт-Петербург, 10–12 апреля 2013 г.).

Материалы диссертации опубликованы в 8 печатных работах общим объемом 4,115 п.л., лично соискателем – 3,545 п.л., в том числе 4 статьи опубликованы в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденный ВАК РФ.

Диссертация выполнена на современном научном уровне и представляет собой завершенную самостоятельную научно-квалификационную работу. Диссертация оформлена аккуратно. Представленные материалы изложены в логической последовательности.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ. Стиль изложения способствует пониманию диссертации и позволяет объективно оценить личный вклад автора и полученные результаты исследования.

В ходе проведения своих научных исследований, соискатель показал себя профессионально подготовленным специалистом в области прочностных расчетов железобетонных конструкций современными методами. Разработанная им методика по учету нелинейности мгновенного деформирования бетона вносит значительный вклад в развитие теории ползучести железобетонных конструкций.

Заключение

Вышеизложенный материал дает основание считать, что диссертационная работа Елистратова Владимира Николаевича по содержанию, форме, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов, в достаточной степени аргументированных, отвечает требованиям п. 9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

За решение задачи по расчету сжатых железобетонных элементов при длительном нагружении с учетом мгновенной нелинейности бетона, имеющей важное значение в проектировании строительных конструкций, Елистратов Владимир Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Официальный оппонент,
заведующий лабораторией
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»,
кандидат технических наук

Иван Игоревич Загрядский

195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская 21,
тел. 8 (812) 493-93-58
e-mail: zagryadskyiI@vniig.ru
06 июня 2014 г.

Личную подпись Загрядского И. И.
удостоверяю: Руководитель
департамента управления персоналом

А.А. Вохминцева