

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Ректора ФГБОУ ВО

«Волгоградский государственный

технический университет», д.х.н,

профессор

Навроцкий А.В.



«28» 04 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу Зоалкфл Даниаля Аммаровича «Напряженно-деформированное состояние толстостенных цилиндрических оболочек из монолитного железобетона в стадии возведения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертация Зоалкфл Даниаля Аммаровича «Напряженно-деформированное состояние толстостенных цилиндрических оболочек из монолитного железобетона в стадии возведения», выполнена в лаборатории металлов, сплавов и композиционных материалов отдела материаловедения Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук.

Актуальность и научная новизна диссертации.

Диссертационное исследование, проведенное Д.А. Зоалкфл, представляет собой комплексное решение ряда модельных задач в области строительной механики, объединяющих исследование специфики температурно-усадочных напряжений в бетоне. Эти задачи имеют значительное практическое значение для применения бетона и железобетона в различных технических областях, особенно в строительной отрасли.

Данная тематика несомненно является актуальной, поскольку толстостенные цилиндрические оболочки из железобетона находят широкое применение в строительстве, где они подвергаются значительным нагрузкам. При этом создание элементов конструкций из таких материалов требует значительных капиталовложений. Поэтому создание и развитие научно обоснованных методов расчета таких элементов конструкций и

прогнозирование их работоспособности является важной научно-технической задачей.

Таким образом, задачи совершенствования расчета железобетонных цилиндров на напряженно-деформированные состояния, близкие к реальной работе оболочки на длительные статические нагрузки, с использованием аппарата теории расчета температурно-усадочных напряжений, вызванных температурными градиентами, является весьма **актуальными**.

Что касается содержательной части диссертации, необходимо отметить следующее. В литературе уже достаточно широко исследованы различные задачи строительной механики, касающиеся толстостенных неоднородных цилиндров, в различных постановках. Поэтому при оценке полученных результатов, а также при квалификационной оценке диссертанта, особенно важно определить уровень оригинальности проведенных исследований. Именно с этих позиций в настоящем отзыве рассматривается работа Д.А. Зоалкфл.

Степень обоснованности научных положений

Постановка задач исследования и путей их решения произведена автором на основе анализа отечественного и зарубежного опыта по расчету на статические нагрузки вязкоупругих деформируемых систем. При этом автор достаточно корректно применяет существующие методы строительной механики, используемые ранее в основном для элементов постоянной жесткости, развивая известные методы (метод конечных разностей, метод конечных элементов) для условий статического нагружения с учетом косвенной неоднородности и усадочных деформаций.

Выведенные автором разрешающие уравнения обладают универсальностью, позволяя получать результат при произвольных граничных условиях.

Достоверность результатов подтверждается строгой математической постановкой задач с проверкой граничных условий, дифференциальных и интегральных соотношений.

Для контроля в частных случаях автор выполняет сравнение с решениями других авторов, а также использует конечно-элементное моделирование в МКЭ комплексах ЛИРА-САПР и ANSYS.

Резюмируя вышесказанное, обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Значимость результатов исследований для науки и практики

Значимость результатов исследований для науки:

Соискателем выполнен обширный объем теоретических исследований влияния неоднородности, вызванной зависимостью коэффициента теплопроводности бетона от степени его гидратации, на результирующие температурные поля при возведении толстостенных цилиндрических оболочек.

Предложен оригинальный подход к определению напряженно-деформированного состояния трехслойной толстостенной оболочки в процессе возведения.

Проведено исследование влияния технологических перерывов между укладкой слоев на величину максимальной температуры в объеме конструкции, а также перепада температур между ее центром и поверхностью.

Наконец, соискателем, впервые решена задача определения напряженно-деформированного состояния при бетонировании массивных монолитных конструкций с учетом послойности возведения.

Значимость результатов исследований для практики:

Практический интерес представляет разработанный автором и внедренный пакет прикладных программ в среде «MatLab», а также доступные для инженерной практики расчеты, которые позволяют получать экономически обоснованные проектные решения, обеспечивающие нормальную эксплуатацию железобетонных конструктивных систем сооружений.

На программы для ЭВМ соискателем получено авторское свидетельство.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.

Достоверность результатов подтверждается строгой математической постановкой задачи, проверкой выполнения всех интегральных и дифференциальных соотношений, граничных условий, применением автором нескольких методов к решению одной задачи, сравнением с известными решениями других авторов. Теоретические результаты получены вполне корректно, и сделанные на основании этого выводы не вызывают возражений.

Научной новизной работы соискателя является предложение основных разрешающих уравнений для расчета железобетонных толстостенных цилиндров на ползучесть. При этом установлено, что при определении температурных полей, возникающих в процессе возведения монолитных цилиндрических оболочек, зависимость коэффициента теплопроводности бетона от степени его гидратации можно не учитывать. Задача для шарнирно-опертой по контуру плиты решена с использованием двойных тригонометрических рядов.

Соискателем установлены значительные различия в результатах расчета как при использовании постоянного модуля упругости бетона во времени, так и при учете зависимости физико-механических характеристик материала от степени его зрелости.

Диссертант Д.А. Зоалкфл в результате исследования установил, что эффектами ползучести при определении напряженно-деформированного состояния массивных монолитных конструкций на стадии возведения можно пренебречь. Также отметил, что наблюдается существенное влияние технологических перерывов между укладкой слоев на величину максимальной температуры в объеме конструкции, а также перепада температур между ее центром и поверхностью.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа изложена на 122 страницах машинописного текста (с 2 приложениями) и состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы из 104 наименования. Работа иллюстрирована достаточным количеством графических материалов (66 рисунков), 2 таблицы и изложена грамотным научным языком, характерным для специалиста высокой квалификации. Содержание глав диссертации детально раскрывает и обосновывает решение каждой из поставленных автором задач и защищаемых положений.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 7 печатных работах, из них в ведущих рецензируемых изданиях, определенных ВАК РФ — 4, в изданиях, входящих в международные реферативные базы Scopus/Web of Science — 1. Получено авторское свидетельство на программу для ЭВМ.

Содержание диссертации.

Первая глава диссертации представляет обзор работ, посвященных теории и методам расчета элементов железобетонных конструкций в форме

толстостенных цилиндров. Также рассматриваются экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных цилиндров, выполненные другими авторами.

На основании выполненного обзора работ в области теории расчета на ползучесть автор делает следующие выводы:

- факторы силового сопротивления железобетонных конструкций с учетом совместного действия нелинейности и неравновесности деформирования, статических и динамических нагрузжений требуют дополнительного изучения для решения статически неопределимых систем.
- Разработка методики определения нестационарных температурных полей при возведении толстостенных цилиндрических оболочек с учетом зависимости коэффициента теплопроводности бетона от степени его гидратации, а также стадийности возведения конструкции, остается по-прежнему неполной и требует полноценного исследования с соответствующей верификацией.

Во второй главе рассматриваются вопросы определения температурных полей при возведении толстостенных цилиндрических оболочек в одномерной и двумерной постановках.

Деформации бетона соискатель представляет, как сумму деформаций усадки и деформаций ползучести. Исследуется влияние зависимости коэффициента теплопроводности бетона λ от степени гидратации ξ на результирующие температурные поля.

Решение задачи теплопроводности с учетом зависимости коэффициента теплопроводности бетона от степени гидратации выполняется методом конечных элементов. При конечно-элементной дискретизации дифференциальное уравнение теплопроводности сводится к системе дифференциальных уравнений.

Для нахождения степени гидратации в каждый момент времени соискатель использует аппроксимацию по Эйлеру.

Решение тестовых задач автором производилось при помощи разработанной автором программы на основе метода конечных элементов в среде «MatLab» с учетом зависимости коэффициента теплопроводности бетона от степени гидратации, а также методом конечных разностей при $\lambda(r, t) = const$. Помимо этого, для контроля достоверности результатов выполнялось двумерное конечно-элементное моделирование в программном комплексе ANSYS.

Соискателем также был выполнен расчет толстостенной цилиндрической оболочки в двумерной постановке совместно с изготовленным ранее фундаментом с учетом ее послойного бетонирования с технологическими перерывами. Конструкция бетонировалась тремя горизонтальными слоями высотой 1 м с перерывами t_{br} . Величина технологических перерывов варьировалась от 0 до 24 ч.

Третья глава посвящена вопросам определения напряженно-деформированного состояния при возведении толстостенных цилиндрических оболочек в одномерной осесимметричной постановке.

Рассмотрен случай плоского напряженного состояния и плоского деформированного состояния, где в обоих случаях при наличии вынужденных деформаций ε_b , к которым относятся температурные деформации и деформации усадки, задача расчета радиально неоднородного цилиндра на каждом шаге по времени была сведена к дифференциальному уравнению второго порядка относительно приращения радиального напряжения $\Delta\sigma_r$.

Решение разрешающего уравнения выполняется численно методом конечных разностей. Задачи определения температурных полей и напряженно-деформированного состояния решаются несвязно. Расчет напряжений во временной области был выполнен после определения температурного поля пошагово.

Четвертая глава посвящена вопросам расчета НДС осесимметричных массивных монолитных конструкций в двумерной постановке. Решение выполняется методом конечных элементов с использованием треугольных и прямоугольных КЭ.

Также в данной главе приводится решение на основе метода конечных элементов. Получены выражения для матрицы жесткости и вектора нагрузки прямоугольного КЭ цилиндра с учетом изменения модуля упругости бетона по толщине.

Анализ приведенных графиков решенной задачи при рассмотренных условиях говорит о возможном образовании технологических трещин в конструкции, которые в дальнейшем могут сказаться на ее эксплуатационных характеристиках, либо вообще поставить под вопрос возможность ее использования.

Также для рассмотренной конструкции соискателем был выполнен расчет с учетом послойного возведения с технологическими перерывами,

который показал, что влияние перерывов в укладке слоев на величину максимальных напряжений несущественно.

В заключении, соискатель констатирует, что в случае использования быстротвердеющего бетона максимальные напряжения σ_θ не превышают текущую прочность на растяжение, чего не наблюдается при применении медленнотвердеющего бетона. Таким образом, замедление кинетики тепловыделения бетона не всегда позволяет снизить риск раннего трещинообразования. Большое значение также имеют условия окружающей среды, а также условия теплообмена на поверхностях конструкции.

Личный вклад соискателя включает:

- сбор, систематизацию, анализ и обобщение обширной информации по исследуемой проблеме;
- вывод разрешающих уравнений для железобетонного цилиндра при ползучести;
- разработку численного алгоритма расчета, создание программы для расчетов в программном комплексе MatLab;
- теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния указанных выше конструкций с учетом различных факторов.

Все это заметно выделяет эту работу в ряду аналогичных исследований и позволяет **положительно оценить личный вклад соискателя.**

Качество оформления диссертации

Диссертация выполнена на современном уровне с использованием компьютерных технологий, что обеспечило высокое качество оформления.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. Работа хорошо иллюстрирована и оформлена.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Непонятно, чем вызвано использование уравнений состояния в дифференциальной форме. Современные комплексы позволяют достаточно точно решать и представление уравнения связи и в интегральной форме;

2. Коэффициент теплопроводности бетона зависит от его степени гидратации ξ . Автор использует линейную зависимость (2.7). На основании каких соображений выбрана данная зависимость?

3. При анализе влияния изменения коэффициента теплопроводности бетона от степени гидратации на результирующее температурное поле соискателем была решена тестовая задача для толстостенного цилиндра. Решение производилось при помощи программы

на основе метода конечных элементов в среде MATLAB с учетом зависимости коэффициента теплопроводности бетона от степени гидратации и для контроля достоверности результатов выполнялось двумерное конечно-элементное моделирование в программном комплексе ANSYS. Но в указанном программном комплексе невозможно заложить зависимость (2.7). Как решалась данная проблема?

4. В третьей главе соискатель при расчете трехслойной оболочки методом конечных элементов внешний и внутренний слой (тонкие стальные оболочки) моделирует одноузловыми КЭ. Почему?

Указанные замечания не снижают общей ценности работы. Основные положения работы изложены в публикациях по теме диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Зоалкфл Даниаля Аммаровича «Напряженно-деформированное состояние толстостенных цилиндрических оболочек из монолитного железобетона в стадии возведения», соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а ее автор, Зоалкфл Даниаль Аммарович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию Д.А. Зоалкфл рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» «28» апреля 2025 года. Протокол заседания № 8 от «28» апреля 2025 г.

Заведующий кафедрой «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений»
ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный



Пшеничкина

Валерия Александровна

технический университет», доктор
технических наук, профессор

Адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28

E-mail: rector@vstu.ru

Тел.: +7 (8442) 24-81-15