ОТЗЫВ

официального оппонента Акопяна Владимира Феликсовича на диссертационную работу Зоалкфл Даниаля Аммаровича «Напряженно-деформированное состояние толстостенных цилиндрических оболочек из монолитного железобетона в стадии возведения», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности - 2.1.9. Строительная механика

В диссертационной работе Д.А. Зоалкфл разрабатываются и совершенствуются научно обоснованные методы расчета толстостенных цилиндров при силовых воздействиях с учетом деформаций усадки бетона при нелинейной ползучести.

Актуальность темы диссертационного исследования

В настоящее время в строительной отрасли происходит совершенствование методов проектирования и строительства. Вследствие растущей сложности и информационной насыщенности строительных проектов происходит постепенный переход на технологии информационного моделирования зданий и сооружений.

Напряженно-деформированное состояние (НДС) строительных конструкций под влиянием различных факторов, как правило, изменяется во времени. Одним из существенных факторов, оказывающих влияние на изменение НДС, является усадка бетона на первом этапе. Поэтому развитие моделирования работы элементов конструкций требует совершенствования методов расчета на стадии возведения, обусловленное неравномерным нагревом за счет тепла гидратации цемента и теплообмена с окружающей средой.

Массивность конструкции предопределяет необходимость разработки специальных технологических решений по регулированию параметров тепло- и массообмена, темпа бетонирования, а также подбору рецептуры бетонных смесей для исключения риска раннего трещинообразования.

Решение задачи определения напряженно-деформированного состояния в массивных монолитных железобетонных конструкциях в процессе возведения требует расчета нестационарного температурного поля при наличии внутренних источников тепловыделения, а также

учета при расчете внутренних напряжений таких факторов, как ползучесть и усадка бетона, зависимость характеристик материала от времени и температуры, этапность изготовления конструкции.

Поэтому можно констатировать, что процесс совершенствования моделирования и расчета толстостенных неоднородных цилиндров еще далек от завершения, а надежные и экономичные методы реализации нелинейных реологических моделей недостаточно изучены.

Таким образом, проблемы совершенствования расчета толстостенных оболочек в двумерной постановке, решению которых посвящена диссертационная работа Д.А. Зоалкфл, являются актуальными.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность подтверждаются:

- использованием фундаментальных уравнений механики твердого деформируемого тела;
- сравнением полученных автором результатов с решениями полученными разными методами, в том числе с использованием МКЭ;
- проверкой удовлетворения полученных решений всем граничным условиям, дифференциальным и интегральным соотношениям;
- верификацией разработанных в диссертации методов численного расчета различными способами, в том числе применением двух независимых методов к решению одной задачи с последующим сравнением результатов, анализом разрешающих уравнений в конце процесса ползучести и др.

Новизна научных положений диссертации

Соискатель предлагает в своих исследованиях следующее:

– развитие нестандартного подхода к определению напряженно деформированного состояния трехслойной толстостенной оболочки в процессе возведения;

– построение модели исследования влияния неоднородности, вызванной зависимостью коэффициента теплопроводности бетона от степени его гидратации, на результирующие температурные поля при возведении толстостенных цилиндрических оболочек.

– исследование влияния технологических перерывов между

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

Значимость для практики полученных автором выводов и рекомендаций

Разработанный Д.А. Зоалкфл пакет прикладных программ позволяет рассчитывать толстостенные оболочки при произвольном законе ползучести. На созданные автором программы получен 1 авторское свидетельство «Расчет температурных полей и напряжений при возведении массивных монолитных осесимметричных конструкций», которые уже нашли применение в проектной организации.

Личный вклад автора состоит в его определяющем участии на всех этапах работы: постановке и обосновании цели и задач исследований, в формулировке теоретических положений, получении разрешающих уравнений и разработке методов их решения. Все методы расчета реализованы в разработанных диссертантом компьютерных программах, имеющих государственную регистрацию.

Личный вклад соискателя подтверждается многочисленными публикациями. В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на автора и (или) источник заимствования.

Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 104 наименований и приложений.

Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, включающего 66 рисунков и 2 таблиц.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, научная новизна. Подтвержден личный вклад автора, практическая значимость и реализация результатов работы. Представлены сведения об апробации работы.

Первая глава диссертации посвящена аналитическому обзору литературных источников, содержащих изучение вопросов, связанных выбранному направлению исследования, в котором рассматриваются механизмы раннего трещинообразования, а также существующие

методики расчета температурных полей и напряжений при возведении массивных монолитных конструкций.

Приводится сравнение с экспериментальными данными норвежских исследователей, где последние в своей работе указали, что твердение образцов происходило при полном ограничении их деформаци, и при этом выполнялись замеры температуры и напряжений в различные моменты времени. Испытания проводились для образцов с прочностью в проектном возрасте 28 сут $R_{28} = 80$ Мпа.

Соискатель констатирует, что влияние ползучести в рассматриваемых временных диапазонах несущественно, и ей можно пренебречь. В то же время деформациями усадки бетона пренебрегать нельзя. В дальнейших в своих задачах Даниаль Аммарович деформациями, вызванными ползучестью, пренебрегает.

Во второй главе представлено исследование влияния зависимости коэффициента теплопроводности бетона λ от степени гидратации ξ на результирующие температурные поля. Приводится дифференциальное уравнение по параметру времени (Задача Коши) где и определяется степень гидратации. Для этого используется пошаговый метод Эйлера.

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.

В этой же главе, приводятся решения тестовых задач. Для анализа влияния изменения коэффициента теплопроводности бетона в зависимости от степени гидратации на результирующее температурное поле была решена тестовая задача в одномерной осесимметричной постановке для толстостенного цилиндра.

Решение 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 $\lambda(r, t) = const$.

Обсуждаются преимущества и недостатки той или иной постановки задачи, в частности, автор считает, что несмотря на то, что с течением времени происходит изменение коэффициента теплопроводности примерно на 33%, влияние этого фактора на

распределение температур в конструкции не столь существенно.

В третьей главе исследуется и рассматривается случай плоского напряженного состояния (ПНС) и плоского деформированного состояния (ПДС). В обоих случаях при наличии вынужденных деформаций к которым относятся температурные деформации и деформации усадки, задача расчета радиально неоднородного цилиндра на каждом шаге по времени может быть сведена к дифференциальному уравнению второго порядка относительно приращения радиального напряжения. Был решен ряд тестовых задач с методом конечных элементов и методом конечных разностей.

Здесь же приводится решение трехслойной оболочки, где внутренний и внешний слой – тонкостенные стальные оболочки. Наличие внутреннего и наружного стального слоя приводит к уменьшению по абсолютной величине остаточных напряжений σ_θ у внутренней поверхности, однако возрастают окружные напряжения в середине толщи.

Четвертая глава посвящена вопросам расчета НДС осесимметричных массивных монолитных конструкций в двумерной постановке.

Представлена задача расчета толстостенной цилиндрической оболочки при наличии внешнего ограничения на деформации, обусловленного примыканием к ранее изготовленному фундаменту, а также результаты расчета массивного монолитного фундамента ветрогенератора.

Соискатель утверждает, что, при рассмотренных условиях возможно образование технологических трещин в конструкции, которые в дальнейшем могут сказаться на ее эксплуатационных характеристиках, либо вообще поставить под вопрос возможность ее использования.

В заключении сформулированы общие выводы по диссертации.

Автореферат в целом достаточно подробно отражает основное содержание диссертации. В нем изложены основные идеи и выводы, показан вклад автора в проведенное исследование, отражена степень новизны и практическая значимость результатов.

Замечания по диссертационной работе

1. При решении большинства задач автор задается конкретными

числовыми данными. Для получения результатов, справедливых при различных исходных данных, необходимо использовать безразмерные величины.

2. При построении разрешающих уравнений автором не учитывается возможное проскальзывание арматуры в бетоне, для них принимается совместная работа.

3. Автором представлено большое количество сравнений с экспериментами при кратковременном воздействии, однако отсутствуют сравнения с экспериментами на ползучесть.

4. В выводах по главам и по диссертации в целом внимание уделено перечислению того, что сделано в соответствующей главе, а не обсуждению новизны и значимости полученных в ней результатов. Это замечание можно отнести и к описанию содержания информации, помещенной на рисунках.

Указанные замечания не являются принципиальными, и не повлияли на общее весьма положительное впечатление о диссертации.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Зоалкфл Даниаля Аммаровича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены ряд научных задач и совершенствован нелинейный реологический расчет пластин при силовых воздействиях, что соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», доцент кафедры Инженерная геология, основания и фундаменты (специальности: 05.23.02. Основания и фундаменты, подземные сооружения и 05.23.17. Строительная механика)

Акопян Владимир Феликсович

Адрес: 344003, Ростовская область, город Ростов-на-Дону, пл Гагарина, зд. 1
телефон: +7 (863) 201-90-26
адрес электронной почты:
E-mail: vovaakop@mail.ru

Подпись к.т.н., доцента кафедры ИГСФ В.Ф. Акопяна удостоверяю

Ученый секретарь Ученого совета В.Н. Анисимов

13.05.2025