

ОТЗЫВ

**официального оппонента Медведева Вячеслава Викторовича
на диссертационную работу Скориковой Марии Игоревны на тему: «Влияние
реологических характеристик бетона и воздействие неравномерной нагрузки на
напряженно-деформированное состояние защитной оболочки АЭС», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование,
эксплуатацию и вывод из эксплуатации»**

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Скориковой М.И. посвящена актуальному вопросу исследования эксплуатационной пригодности железобетонных предварительно напряженных защитных оболочек АЭС. Поскольку для данной конструкции одним из важнейших эксплуатационных критериев является уровень её преднапряжения, автор акцентирует внимание на анализе деформаций, возникающих в бетоне защитной оболочки в процессе эксплуатации вследствие изменения величины усилия натяжения арматурных канатов, и определении их зависимости от реологических свойств бетона.

Продление сроков эксплуатации действующих АЭС и их прогнозирование при строительстве новых АЭС в настоящее время является приоритетной задачей отрасли. Исследование современных строительных решений и применяемых материалов для определения действующих на бетонные конструкции АЭС нагрузок напрямую влияет на безопасность и долговечность эксплуатируемых железобетонных конструкций АЭС.

В связи с этим научные исследования и тема диссертационной работы, посвященные изучению влияния реологических характеристик бетона и воздействия неравномерной нагрузки внутри сечения стенки на напряженно-деформированное состояние защитной оболочки АЭС, являются актуальными.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждается сравнением результатов проведенных автором расчетов с решениями других авторов, представленными в открытых источниках, а также данными экспериментальных исследований и натурных наблюдений на эксплуатируемых объектах.

Научная новизна работы заключается в:

- обобщении результатов комплексных исследований физико-механических и реологических характеристик бетона при кратковременных и длительных нагрузках;
- разработке детальных численных моделей железобетонной защитной оболочки АЭС;
- получении результатов расчетов напряженно-деформированного состояния защитной оболочки с учетом ползучести бетона, на действие нагрузок полярного крана и локальных нагрузок внутри сечения стенки защитной оболочки при воздействии давления инъекционного раствора;
- разработке рекомендаций по учету реологических свойств бетона при оценке изменения напряженно-деформированного состояния защитных оболочек АЭС и снижению трещинообразования в оболочках от нагрузок, действующих внутри сечения стенки.

Теоретическое и практическое значение работы

Практическая значимость диссертационной работы заключается в применении полученных данных о влиянии усадки и ползучести бетона на напряженно-деформированное состояние железобетонных защитных оболочек АЭС для верификации расчетных моделей 3D и программных средств, применяемых для расчета данных конструкций.

Полученные расчетные данные об изменении усилий в канатах СПЗО с увеличением времени эксплуатации вследствие проявления реологических свойств бетона, позволяют

прогнозировать достаточность обжатия железобетонной защитной оболочки и безопасность её эксплуатации на всех этапах жизненного цикла.

Для действующих, строящихся и проектируемых железобетонных защитных оболочек АЭС, автором на основе современных численных методов разработаны расчетные модели, способные выполнять многофакторный анализ НДС стенки защитной оболочки при воздействии нормальных и аварийных нагрузок в целях снижения трещинообразования в бетоне при испытаниях и эксплуатации полярного крана, а также при инъектировании каналообразователей и преднапряжении.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертационная работа изложена на 120 страницах, содержит 7 таблиц и 60 рисунков, состоит из введения, трех глав, общих выводов и рекомендаций, списка литературы из 192 библиографических ссылок и списка основных публикаций соискателя по теме диссертации из 8 наименований.

В диссертационной работе аргументированно отражены этапы решения поставленных автором задач.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, достоверность результатов, личный вклад автора, информация об апробации работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, приведены публикации по теме диссертационного исследования.

В первой главе формулируется постановка задачи, приведен обзор литературы, рассматриваются ключевые конструктивные особенности и нагрузки, действующие на защитную оболочку.

Во второй главе выполняется всесторонний анализ влияния усадки и ползучести бетона на напряженно-деформированное состояние железобетонной защитной оболочки АЭС на основе результатов расчета, экспериментальных данных и результатов натурных наблюдений. В частности, выполнен анализ результатов натурных наблюдений за изменением напряженно-деформированного состояния железобетонной защитной оболочки АЭС по показаниям датчиков контрольно-измерительной аппаратуры на различных стадиях укладки и твердения бетона железобетонной защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС от момента окончания бетонирования до начала приемо-сдаточных испытаний. Анализ результатов испытаний на ползучесть под постоянной нагрузкой позволили определить величину меры ползучести для бетона при нагружении в возрасте 28 и 90 суток.

Выполненное автором сравнение расчетных, экспериментальных и натуральных данных деформаций усадки бетона показало существенное различие между натурными и экспериментальными величинами, полученными по стандартным методикам. Автором отмечено, что расхождение связано с различными температурными и влажностными условиями, наличием стержневой арматуры и облицовки, масштабным фактором натурной конструкции, а также различным массообменом с окружающей средой.

В выводах по второй главе автор отмечает, что для получения объективной картины напряженно-деформированного состояния защитных оболочек АЭС с учетом реологических характеристик бетона при воздействии эксплуатационных и аварийных нагрузок необходимо использовать детальные расчетные модели, которые были разработаны и представлены в третьей главе.

Третья глава посвящена описанию разработанных детальных численных моделей железобетонной защитной оболочки АЭС и расчетному анализу напряженно-деформированного состояния с учетом влияния реологических характеристик бетона и воздействия неравномерно распределенных нагрузок внутри сечения стенки сооружения.

С использованием программного комплекса CONT автором были разработаны конечноэлементные модели железобетонной защитной оболочки АЭС: модель с краном,

включающая половину цилиндрической части оболочки и имеющая одну плоскость симметрии; модель верхней и нижней части защитной оболочки, представляющие собой сектор 90° , отражающая, в том числе, реальную геометрию и положение каналообразователей по толщине стенки в три слоя; модель защитной оболочки с использованием 8-ми узловых объемных конечных элементов, в которой с помощью стержневых конечных элементов непосредственно моделировалась меридиональная и окружная арматура вблизи наружной и внутренней поверхности ЗО.

При помощи разработанных моделей автором был выполнен расчет напряженно-деформированного состояния железобетонной защитной оболочки на действие нагрузок полярного крана — собственного веса, воздействия при испытаниях и монтаже корпуса реактора, который показал характерное выпучивание стенки оболочки в зонах подкрановых консолей, способное приводить к трещинообразованию на внешней поверхности защитной оболочки. Также был выполнен расчет защитной оболочки при воздействии нагрузок, действующих внутри стенки от давления инъекционного раствора. Результаты показали, что при инъектировании канала под давлением 1 МПа при нарушении его герметичности в бетоне между перекрещивающимися каналами могут образовываться трещины, поэтому необходимо исключать одновременное инъектирование срединного и наружного или внутреннего каналов.

Выполненный автором анализ кинетики напряженно-деформированного состояния железобетонной защитной оболочки с учетом ползучести бетона показал хорошее согласование расчетных данных с измеренными в натурной конструкции. Проведенная с использованием расчетной модели оценка уровня потерь усилий в арматурных канатах показала, что действующие усилия на тяжелых анкерах арматурных канатов цилиндра превышают минимальные на 28,6 тс, а купола — на 13,8 тс.

В заключении диссертационной работы были сделаны выводы и даны рекомендации, имеющие большое теоретическое и практическое значение для повышения безопасности АЭС.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. В пункте 1.2 автор говорит о зависимости усадки бетона «...от класса (марки) бетона толщины стенки оболочки, условий твердения (наличие облицовки на внутренней поверхности стены)», но при этом по тексту диссертации отсутствуют упоминания таких ключевых факторов, как минералогический состав используемого цемента, фракционный состав заполнителя, скорость твердения бетонной смеси и водотвёрдое соотношение.

2. В пункте 2.2.1 следовало указать минералогический состав используемого цемента и фракционный состав щебня.

3. Автор справедливо отмечает влияние температурно-влажностного режима твердения бетона на возникновение деформаций железобетонной конструкции в процессе эксплуатации. Значительное влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции в процессе её эксплуатации оказывают именно внутренние коррозионные процессы, происходящие в бетоне (в частности — карбонизация бетона, о которой автор кратко упоминает в п. 1.3), снижающие прочностные характеристики бетона и арматуры. Рекомендуется при проведении дальнейших исследований учесть данный факт, поскольку этому вопросу в настоящее время в научном сообществе уделяется большое внимание.

4. Автором рассматриваются только защитные оболочки одинарного типа, строительство которых завершено. На некоторых строящихся в настоящее время АЭС возводятся двойные защитные оболочки (о которых автор упоминает в работе), рассчитанные на другие условия эксплуатации. Рекомендуется в дальнейшей работе провести литературный обзор по данному вопросу и сопоставить результаты исследования для оболочек обоих типов.

5. В разделе «Общие выводы и рекомендации» стоило добавить больше научных выводов наряду с практическими рекомендациями.

6. В диссертации присутствуют стилистические ошибки, в том числе касающиеся применения терминологии (например, «...прочность при растяжении (раскалыванием)» вместо «прочность на растяжение при раскалывании»).

7. Для лучшего восприятия диссертационной работы следовало свести часть рисунков из пунктов 2.2.4, 2.3.2, 2.3.3, 3.2.2, 3.2.3 и 3.2.4 в отдельное приложение.

Заключение

Указанные замечания не затрагивают основную суть работы, ее принципиальные положения и выводы, которые следует считать обоснованными, теоретически и экспериментально доказанными.

Диссертационная работа Скориковой М.И. выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной работой.

В целом диссертация изложена грамотным техническим языком, однако имеется ряд редакционных ошибок.

Выносимые на защиту положения логически обоснованы и обладают научной новизной.

В диссертационной работе рассматривается актуальная проблема отрасли и предлагаются научно обоснованные пути её решения.

Научные публикации по теме диссертации отражают объём и сущность проведенных исследований. Основные результаты диссертационной работы докладывались на российских и международных конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Скориковой Марии Игоревны на тему: «Влияние реологических характеристик бетона и воздействие неравномерной нагрузки на напряженно-деформированное состояние защитной оболочки АЭС» отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а автор работы, Скорикова Мария Игоревна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Официальный оппонент:

Медведев Вячеслав Викторович,
кандидат технических наук,
научный сотрудник научно-исследовательского
института строительных материалов и
технологий Национального исследовательского
Московского государственного строительного
университета

Медведев В.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
Электронный адрес: MedvedevVV@mgsu.ru
Телефон: +7 (495) 287-49-14 доб. 24-41



О.И. Перевезенцева

13.04.2022