

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук **Беленцова Юрия Алексеевича** на диссертационную работу КАЛДАР-ООЛ Анай-Хаак Бугалдаевны на тему **«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОРОБОВЫХ СВОДОВ В ЗДАНИЯХ-ПАМЯТНИКАХ АРХИТЕКТУРЫ – ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Официальному оппоненту для подготовки отзыва представлены следующие материалы: диссертация объемом 192 страницы печатного текста, включающего введение, четыре главы, заключение, приложение и список литературы из 180 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, а также нормативной литературы; автореферат диссертации на 25 страницах.

На основании рассмотренных материалов оппонент считает, что диссертация КАЛДАР-ООЛ Анай-Хаак Бугалдаевны на тему «Совершенствование методов расчета напряженного состояния коробовых сводов в зданиях памятников архитектуры – объектах культурного наследия», содержит необходимые признаки научно-квалификационной работы, соответствующие паспорту специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения, и отвечает области исследования, предусмотренным п.3.: «Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований вновь возводимых, восстанавливаемых и усиливаемых строительных конструкций, наиболее полно учитывающих специфику воздействий на них, свойств материалов, специфику конструктивных решений и другие особенности».

Актуальность выбранной темы.

Работа посвящена изучению и совершенствованию методов расчета несущей способности кирпичных сводов коробового очертания с учетом реальных

физико-механических характеристик кирпичной кладки как неоднородного материала, находящегося в сложном напряженно-деформируемом состоянии.

Отсутствие эффективных методов прогноза и количественной оценки резервов несущей способности конструкций сложной формы из кирпичной кладки не позволяет обеспечить требуемый уровень надежности и безотказности кирпичных сводов исторических зданий с учетом реального износа материала и конструкций.

Таким образом, выбранное направление исследований и тема работы являются важными и актуальными для развития методов проектирования строительных конструкций и их эксплуатации.

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

Обоснованность научных положений обусловлена применением общепринятых гипотез и допущений современной теории расчета сводов; подтверждена проведенными численными исследованиями и натурным экспериментом коробового кирпичного свода, имеющими удовлетворительное согласие с результатами теоретического исследования диссертационной работы.

Выводы и рекомендации диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях: на 62-64-й научно-технических конференциях молодых ученых (СПбГАСУ, 2009 – 2011 г.г.); 66-67-й научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов СПбГАСУ (СПбГАСУ, 2010 г.); VIII Международной конференции «Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте» (ПГУПС, 2011 г.); I Международном конгрессе молодых ученых (аспирантов, докторантов) и студентов, посвященном 180-летию СПбГАСУ (СПбГАСУ, 2012 г.).

Результаты оппонируемой работы опубликованы в 10-и печатных работах, в том числе в 4-х журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК, и 1 статья в издании, входящем в международные базы цитирования Scopus и Web of Science.

Анализ содержания работы.

Во введении изложена актуальность и краткая характеристика работы.

Рассмотрена степень разработанности темы исследования, определены объект, предмет и область исследования. Сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, а также степень достоверности полученных результатов. Приведена информация об апробации работы и публикациях.

В первой главе исследуются исторические основы и практический опыт применения кирпичных сводов, анализируется развитие методов их расчета. Приводятся графоаналитические схемы построения оси коробовых сводов, их очертание; описание материалов, из которых выполнялись своды.

В результате анализа выявлена нерациональность использования графоаналитического метода для коробового кирпичного свода, как упругого тела с шарнирным опиранием. Установлено, что математическая модель образующей кривой свода влияет на геометрический способ ее построения. Рассмотрены конструктивные элементы коробовых сводов, их назначение, материалы, используемые в качестве каменной кладки для обеспечения прочности и долговечности конструкции и его несущей способности. Сформулированы направления дальнейших исследований.

Во второй главе разработана методика построения трехцентровых коробовых кривых в среде Mathcad (по показателям пролета L и стрелы подъёма f свода). Уточнены показатели оси свода по результатам экспериментального обследования надподвального сводчатого перекрытия здания исторического значения, с отклонением 4% от аналитического значения.

Полученная зависимость оси свода позволяет определить величину действующих нагрузок на свод: собственный вес, веса забутки и т.д.

Определены прочностные характеристики кирпичной кладки коробового свода. Экспериментальная прочность кладки получена: разрушающим методом

по прочности кирпича и раствора кладки, ультразвуковым методом и методом упругого отскока. Рассчитаны параметры анизотропии упругости коробового свода как ортотропного тела с цилиндрической анизотропией. Определены деформационные характеристики кладки.

Рассчитан кирпичный свод с учетом анизотропии и определены главные напряжения при действии постоянных и временных дополнительных нагрузок, методом сил по упрощенной расчетной схеме в виде бесшарнирной арки.

Разработан алгоритм аналитического расчета коробовых сводов на основе реальных обмеров свода по развернутой, с последующей их реализацией в системе Mathcad. Проведен поверочный расчет по методу сил надподвального перекрытия здания с расчетной схемой в виде кирпичного коробового свода с учетом всех действующих нагрузок.

В третьей главе выполнен численный анализ и моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного свода при различных видах нагружения (с использованием ПК Abaqus 6.14).

По результатам сравнение результатов численного (МКЭ) и аналитического (метод сил) расчета установлено различие между нормальными напряжениями в замке свода. Смоделированы ситуации различных повреждений сводов и их влияние на НДС.

В четвертой главе приведена сравнительная оценка напряженно-деформированного состояния коробового свода по результатам эксперимента и теоретического расчета. Натурный эксперимент проводился на кирпичном своде исторического здания, деформации замерялись механическими тензотрами. Сравнение опытных и расчетных данных по напряжениям и перемещениям обнаруживает максимальные расхождения, соответственно 29% и 40%, что обусловлено многими факторами.

В заключении приводятся основные итоги диссертационной работы и намечены перспективы дальнейших исследований.

Оценка достоверности и новизны научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений обеспечена применением стандартных методов испытаний, использованием метрологически аттестованного испытательного оборудования и измерительных приборов.

Научная новизна работы.

1. Разработан метод расчета несущей способности кирпичных конструкций сложной формы, в частности коробовых сводов, с учетом анизотропии свойств материала. Метод расчета уточнен с использованием результатов численного моделирования и натурного эксперимента реального исторического свода.

2. Предложена методика оценки напряженного состояния коробового свода из кирпичной кладки, учитывающая возможность физического износа и повреждений в течении длительного срока службы. Это были радиальные трещины, неравномерные осадки и смещения опор. Оценено влияние повреждений на напряженное состояние конструкций и возможные методы их локализации.

3. Определена взаимосвязь стандартных методов испытаний для определения параметров качества материалов с резервами несущей способности кирпичной конструкции сложной формы.

Достоверность научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением стандартных методик испытаний материалов, использованием общих гипотез строительной механики, теории упругости анизотропного тела, а также удовлетворительной сходимостью методов расчета с численными исследованиями и результатами натурных испытаний исторической конструкции.

Практическая значимость диссертации заключается в использовании рекомендаций для аналитического способа построения образующей свода, развитии методики расчета коробовых сводов с учетом реальных свойств материала.

При рассмотрении диссертационной работы и автореферата возник ряд **замечаний и рекомендаций**. Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, стоит отметить ряд замечаний.

1. Нарушена логика изложения при формировании исходных данных конструктивного расчета: во главе 2 п. 2.5. для анизотропии упругости кирпичных коробовых сводов рассчитываются теоретические модули упругости кирпича, раствора и кладки при различных углах приложения нагрузки, а в п. 2.6. при определении деформационных характеристик кладки коробового свода по СП и другим формулам.

2. При учете свойства кирпичной кладки необходимо понимать и учитывать особенности материала:

- кладка – это упругопластический композиционный материал, а в работе учитываются упругие деформации и деформации ползучести;

- при определении прочности и деформативности кладки нельзя ориентироваться на свойства кирпича и раствора. Поскольку есть зона контакта кирпича и раствора, высота этой зоны достаточно значительна в общей высоте шва, а свойства отличаются в 7-10 раз;

- используются для определения свойств кладки эмпирические зависимости от прочности кирпича и раствора, но еще действуют нормативы, позволяющие определить прочность и деформативность кладки в стандартных образцах;

- деформации кладки в натурном эксперименте замерялись тензометрами Аистова, но есть более современные методы и средства оценки деформаций конструкций.

3. В чем заключается аналитический расчет, приведенный автором. Расчет произведен с учетом постоянных упругости и показателя анизотропии

кирпичной кладки по теории С.Г. Лехницкого кривого ортотропного бруса с цилиндрической анизотропией для определения напряжений в круговой арке.

4. Пояснить на рисунках 2.9.1 и 2.9.2., 2.9.3., 2.9.4. Почему эпюры моментов близки от разных видов загружений. Гл. 2. результаты расчетов, позволяют добиться, чтобы на стадии проектирования в замковом сечении свод испытывал только сжимающие напряжения (σ_0 , σ_r). Не ясно.

5. Результаты, представленные на рисунках 3.2.1÷3.2.4 (вариант $B_{(1)} = 3 - k^2$ и сосредоточенные нагрузки в $F_{1,2} = 5$ кН) (все комбинации) необходимо сравнить с аналитическим расчетом.

6. По результатам выводов к главе 3 п. 6. автор пишет: «При наличии трещин в замковой зоне, в том числе сквозных, свод продолжает работать в сжатой зоне, это практически не влияет на его несущую способность. Более того, возникновение трещин в растянутой зоне ведет к перераспределению и уменьшению напряжений в сжатой зоне». Это принципиально изменит схему работы конструкции свода и автор не говорит об этом.

7. На рисунках 4.3.1 и 4.3.2 непонятно к какой части конструкции относится сравнение. Отклонение результатов составляет до 2 раз, а чем обусловлено, не объясняется.

8. Не ясно, как сравнивались результаты различных методов расчета, если в численном расчете и аналитическом не используются дополнительные загрузки.

Приведенные замечания и критические пожелания не влияют на общую положительную оценку работы и могут быть использованы автором диссертации в своих дальнейших научных исследованиях.

Заключение.

Диссертационная работа КАЛДАР-ООЛ Анай-Хаак Бугалдаевны выполнена на актуальную тему. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достоверны и имеют научную новизну, обладают практической и теоретической ценностью. Диссертация представляет собой завершенную само-

стоятельную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи определения характера напряженно-деформированного состояния и несущей способности коробовых кирпичных сводов, имеющей значение для развития строительной науки. Результаты работы опубликованы в достаточном объеме, в том числе в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК РФ.

Автореферат диссертации полностью соответствует предъявляемым требованиям ВАК РФ и ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертационная работа по всем критериям отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор КАЛДАР-ООЛ Анай-Хаак Бугалдаевна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения.

Профессор кафедры «Строительные материалы и технологии»
ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»,
докт. техн. наук

Беленцов Юрий Алексеевич

29.12.2020

Научные специальности оппонента

д.т.н.: 05.23.05 - Строительные материалы и технологии

к.т.н.: 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

Россия, 190031, Северо-Западный федеральный округ, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9. (812) 457-86-86, (812) 310-06-05, м.т. 8 (960)2338748, e-mail: belents@mail.ru

