

## ОТЗЫВ

**официального оппонента академика РААСН, доктора технических наук, профессора Петрова Владилена Васильевича** на диссертационную работу Семенова Алексея Александровича «Прочность и устойчивость подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций в задачах статики и динамики», представленную в диссертационный совет 24.2.380.01 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» к публичной защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Федеральным законом от 30.12.2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» регламентированы требования, связанные с обеспечением механической безопасности зданий и сооружений на протяжении всего их жизненного цикла. Особенно это касается уникальных и ответственных объектов: высотных зданий и зданий с большепролетными конструкциями характеризуемые большими строительными объемами, применением разнообразных строительных материалов, сложными расчетными схемами, что требует еще на стадии проектирования выявления и учета опасных изменений напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций.

Как известно, инженерные расчеты выполняются с использованием идеализированных расчетных схем, представляющих собой в той или иной мере упрощенную модель реального объекта. Некоторые детали, второстепенные по мнению создателя расчетной схемы, остаются при этом за рамками рассмотрения, однако такие допущения нуждаются в проверке, поскольку известны примеры того, как малые отклонения (возмущения) могут оказать существенное влияние на работу объекта, причем не только количественно, но и на качественном уровне. Это касается учета реальных свойств материалов несущих конструкций, особенностей связей между их элементами, использованием нелинейных разрешающих уравнений и многих других параметров.

Прогресс в расчетном обосновании применения таких эффективных пространственных конструкций как разнообразные криволинейные тонкостенные оболочки, усиленные ребрами и выполняемые из материалов с разнообразными свойствами, нуждается в дальнейшем обосновании как путем накопления данных экспериментальных натуральных исследований, так и путем создания соответствующих математических моделей и надежного и производительного математического обеспечения для осуществления численных экспериментов. С этих позиций я, как рецензент, буду оценивать диссертационную работу Семенова А.А.



### **1. Объем и структура диссертационной работы**

Диссертационная работа Семенова Алексея Александровича состоит из оглавления, введения, шести глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 383 страницах, содержит 61 таблицу, 109 рисунков, 5 приложений и список использованной литературы из 298 наименований. Материал хорошо структурирован и дает целостное представление о проведенном исследовании.

### **2. Актуальность темы диссертационной работы**

Обеспечение безопасной работы элементов пространственных строительных конструкций, подкрепленных ребрами, является приоритетной задачей при их проектировании и последующей эксплуатации. Диссертация Семенова А.А. посвящена моделированию деформирования тонкостенных оболочек имеющих разнообразные геометрические формы с учетом ортотропных свойств материала, геометрической нелинейности, поперечных сдвигов и наличия ребер жесткости. Комплексное исследование деформирования оболочек с использованием более точных математических моделей позволит аргументированно принимать проектные решения, способствовать безопасной работе конструкций и уменьшению их материалоемкости и себестоимости. В диссертационной работе Семенова А.А. рассматривается как статическое нагружение оболочек, так и динамическое. Им разработаны новые математические модели, алгоритмы их реализации и необходимое программное обеспечение, поэтому можно утверждать, что работа Семенова А.А., без сомнения, является актуальной.

### **3. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Семеновым А.А. предложены новые математические модели деформирования тонкостенных, усиленных ребрами оболочечных конструкций, разработаны расчетные алгоритмы и методики, выполнены обширные вычислительные эксперименты, позволившие ему сделать обоснованные выводы и рекомендации о процессах деформирования исследуемых конструкций. Разработанные математические модели применимы для широкого класса линейных и нелинейных задач, в которых учитываются разные виды нагружения (статическое или динамическое). Автор выявил и проанализировал особенности НДС, возникающего в оболочках при применении ортотропных материалов, и при различных вариантах усиления конструкции ребрами жесткости. Кроме того, им выявлены и исследованы те расчетные модели, в которых необходимо учитывать поперечные сдвиги и геометрическую нелинейность, поскольку в



тонкостенных оболочках допускаются перемещения, соизмеримые с их толщиной и актуальной становится задача об исследовании их местной и общей устойчивости.

Сильной стороной представленных результатов является то, что они применимы для оболочек разных геометрических форм и получены с применением комплексного подхода к исследованию оболочечных конструкций: анализируется их прочность, устойчивость и закритическое поведение с учетом ряда указанных выше факторов.

Использование для решения нелинейных задач строительной механики современных технологий компьютерного моделирования позволило Семенову А.А. получить значимые новые результаты и существенно расширить имеющиеся теоретические разработки.

#### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Все научные результаты, полученные в работе Семенова А.А., базируются на фундаментальных теориях геометрически нелинейной механики деформируемого твердого тела, подтверждаются и обосновываются строгими математическими преобразованиями, применением известных и апробированных численных методов и адекватностью полученных расчетных данных.

#### **5. Достоверность**

Достоверность результатов обоснована применением апробированных методов строительной механики и вычислительной математики; подтверждена сравнением результатов расчета тестовых задач с результатами, полученными другими авторами по иным расчетным методикам, а также качественным согласованием результатов расчета с результатами экспериментальных исследований полученных другими авторами; обеспечена соответствием принятой методологии исследования поставленной проблеме и глубокой проработкой научной литературы по теме диссертации. Следовательно, можно утверждать о достоверности полученных в диссертации результатов.

#### **6. Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы Семенова А.А. заключается в развитии геометрически нелинейной теории деформирования подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций. Автором продемонстрирована возможность широкого применения полученных результатов на практике, что обеспечивается широкими возможностями разработанного автором программного обеспечения и детальным описанием предложенных автором методик моделирования. Результаты исследования и методики расчета прочности и устойчивости тонкостенных оболочечных конструкций приняты к внедрению в проектно-конструкторской деятельности и используются в учебном процессе.

## **7. Вопросы и замечания**

По работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В диссертационной работе рассмотрены прогибы оболочек более 10 толщин. Допускает ли это предложенная математическая модель и что считать при этом толщиной подкрепленной оболочки?

2. В ряде наших работ показано, что если строить характеристику гладкой оболочки в виде «нагрузка - максимальный прогиб», то в ней будут отсутствовать петли. Почему для представления результатов не используется кривая максимального прогиба? Это позволило бы избежать появления на графиках петель.

3. Если в оболочке появилась вмятина (произошла локальная потеря устойчивости), то это будет сопровождаться перераспределением усилий. Как это учитывается в предложенном алгоритме?

4. В диссертации недостаточно подробно отражена схема нагружения. Для рассматриваемых видов оболочек исследуемые виды нагрузок следовало бы показать на схеме.

5. Являются ли ребра жесткости тонкостенными криволинейными стержнями пустыми внутри? Об этом ничего не сказано в работе. Если они пустые, то для их учета необходимо применять другую теорию.

6. В одной из моих работ (см., например, *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2021. – Т. 17. – №4. – С. 146 – 152.) опубликован «Модифицированный метод последовательных нагружений в нелинейной строительной механике», который сходится к точному решению со скоростью геометрической прогрессии. К сожалению, этот метод и результаты решения этим методом различных геометрически и физически нелинейных задач, опубликованные в последние три года, выпали из поля зрения автора диссертации.

Следует отметить, что эти замечания не снижают научную новизну результатов, их полноту и качество, а также не снижают общую высокую оценку проведенного исследования. Указанные выше недостатки и рекомендации могут быть учтены автором в его дальнейшей научной деятельности.

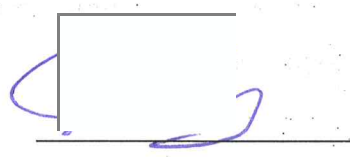
## **8. Общее заключение**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Семенова Алексея Александровича на тему «Прочность и устойчивость подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций в задачах статики и динамики» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема развития тео-



рии и методов расчета подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций, имеющая важное хозяйственное значение. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Семенов Алексей Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент, академик РААСН,  
доктор технических наук, 05.23.17, профессор,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»,  
кафедра «Строительные материалы, конструкции  
и технологии», профессор



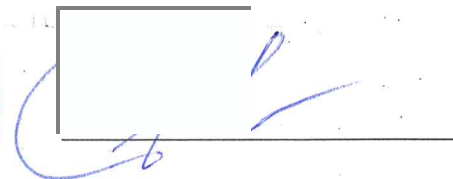
Петров Владилен Васильевич  
«24» марта 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

410054, Приволжский федеральный округ, Саратовская область, г. Саратов,  
ул. Политехническая, д. 77.  
т.: +7 8452 99-86-65  
sstu\_office@sstu.ru

Подпись Петрова В.В. заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета **Потапова А.В.**



Подпись с расшифровкой