

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Ярцева Бориса Александровича на диссертацию Ибрахим Анас на тему «Разработка нового программного комплекса для анализа пространственных каркасных конструкций», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Актуальность темы исследований.** Основные положения строительной механики стержневых систем были сформулированы к концу 1960-х годов. С тех пор развитие этой отрасли науки связано внедрением численных методов математического моделирования в процедуры расчета строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. В СССР в 1970-х годах был разработан и внедрен в практику проектирования пакет прикладных программ «Ли́ра». Аналогичные программные комплексы (ПК) широко используются в строительной индустрии множества стран. Большинство существующих ПК, реализующих метод конечных элементов, отличаются функциональностью и номенклатурой используемой нормативной документации. В то же время следует отметить, что в настоящее время не существует ПК, позволяющих решать всю совокупность проблем, встающих перед проектантом в процессе разработки проектной документации на здания и сооружения. Кроме того, используемые в ПК алгоритмы реализации численных процедур требуют постоянного развития в соответствии с непрерывно меняющимися возможностями вычислительной техники. Следовательно, существует необходимость разработки ПК, позволяющего выполнять моделирование задач механики, неисполнимое в существующих ПК. К таким проблемам относятся: 1) прогнозирование величин неравномерной осадки фундаментов, вызванной консолидацией грунтов основания; 2) развитие процедуры определения предельных нагрузок с учетом упругопластического деформирования элементов каркаса; 3) развитие автоматизированной процедуры проектирования железобетонных колонн. В связи с этим анализ теоретической основы и практической направленности данной работы позволяет признать ее актуальность.

**Цель диссертации** определена как разработка нового программного комплекса на основе метода конечных элементов для выполнения трехмерного моделирования, анализа (статического, динамического и сейсмического) и проектирования каркасных конструкций.

**Научная новизна** заключается в разработке нового программного комплекса для выполнения трехмерного моделирования, анализа (статического, динамического и сейсмического) и проектирования каркасных конструкций. При разработке программного комплекса использованы предложенные автором алгоритмы, ускоряющие работу программы и расширяющие ее функциональность:

- алгоритм прогнозирования осадки фундамента, порождаемой консолидацией грунтов,
- процедура определения предельных нагрузок при упругопластическом деформировании элементов каркаса,
- алгоритм оптимального проектирования железобетонных колонн, эксплуатируемых в условиях косоугольного продольно-поперечного изгиба,
- алгоритм определения требуемого количества и оптимального распределения арматуры.

**Научная и практическая значимость** полученных автором результатов заключается в разработке нового программного комплекса для моделирования, анализа и проектирования каркасных конструкций при различных воздействиях. При разработке комплекса усовершенствованы некоторые процедуры расчета и проектирования, а также добавлены новые функции, повышающие функциональность пакета, точность некоторых расчетов и удобство его интерфейса.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректной постановкой задач, использованием апробированных численных методов и действующей нормативной строительной документации, сопоставлением результатов автора с результатами, полученными с помощью сертифицированных программных комплексов.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались на научных семинарах Кафедры вычислительных методов механики деформируемого твёрдого тела Санкт-Петербургского государственного университета и на семи международных конференциях.

**Публикации.** Содержание и основные результаты диссертации отражены в 6 статьях (4 – лично, 2 – в соавторстве), три из которых – в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science.

**Замечания по содержанию и оформлению работы.** При положительной в целом оценке диссертации необходимо высказать в порядке обсуждения некоторые замечания и пожелания.

1. В тексте обсуждается влияние осадки основания на напряженно-деформированное состояние многократно статически неопределимой системы, которой является каркас здания. Между тем известно, что в случае равномерной осадки основания под каждым фундаментом, напряженно-деформированное состояние остается неизменным.
2. На рис. 4.7, рис. 4.9 на приведенных эпюрах изгибающих моментов, возникающих в ригелях каркаса рассматриваемого сооружения, отсутствует равновесие узлов соединения ригелей с колоннами.
3. Представляется спорным утверждение о доминировании вопроса устойчивости ригелей в проблеме определения несущей способности каркаса сооружения в целом. Исчерпание несущей способности ригеля в подавляющем большинстве случаев определяется прочностью, а не устойчивостью.
4. Предложенная автором процедура проектирования железобетонных колонн, находящихся в условиях косоугольного продольно-поперечного изгиба, излишне оптимистично названа оптимальным проектированием. При этом вместо формулировки задачи оптимизации приводится предельная поверхность, полученная в результате решения серии «прямых задач» расчета предельных состояний.
5. Имеется также ряд мелких замечаний по оформлению диссертации, но они практически не влияют на положительное восприятие ее содержания.

Отмеченные замечания не затрагивают справедливости основных выводов и положений, выносимых на защиту, и не меняют общей положительной оценки диссертации, являясь во многом рекомендациями к дальнейшим исследованиям.

**Заключение о соответствии диссертации основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете»**

Диссертация Ибрахим Анас на тему: «Разработка нового программного комплекса для анализа пространственных каркасных конструкций» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Ибрахим Анас заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор технических наук,  
старший научный сотрудник,  
начальник сектора ФГУП «Крыловский  
государственный научный центр»



Ярцев Борис Александрович

11.05.2023 г.

Подпись Ярцева Бориса Александровича заверяю:

Начальник отдела кадров



Н.В. Мещерякова