

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., профессора Петра Павловича Гайджурова
на диссертационную работу Нагибовича Александра Игоревича
«Суперэлементное моделирование динамических характеристик
большеразмерных комбинированных систем
«основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационного исследования. При разработке и расчетном обосновании уникальных объектов строительства, представляющих собой совокупность связанных большеразмерных основных подсистем «основание», «железобетонные конструкции», «металлические конструкции покрытия» задействуется множество независимых проектно-конструкторских организаций. Построение расчетной модели всего сооружения, включающей все составляющие подсистемы, как правило, затруднительно в силу ряда причин. Таким образом, для данных объектов требуется обоснование возможности независимого расчета подсистем или применения подходов, позволяющих учитывать взаимное влияние исследуемых подсистем. Поэтому тема диссертационных исследований соискателя, посвященная суперэлементному моделированию динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции», является **актуальной**.

Научная новизна результатов, достоверность и обоснованность результатов. Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке суперэлементной методики моделирования динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем, позволяющей обоснованную декомпозицию задачи. Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается строгостью математического аппарата,

корректностью постановок задач в рамках теоретических предпосылок строительной механики, механики деформируемого твердого тела, физически обоснованными расчетными моделями и использованием мультифизического программного комплекса ANSYS. Полученные результаты верифицировались на предмет соответствия результатам контрольных расчетов, выполненных с привлечением комплексов программ промышленного типа.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы. Разработаны методика, алгоритм и соответствующее программное обеспечение в форме макросов на языке APDL, встроенного в расчетно-вычислительный комплекс ANSYS, для математического моделирования динамических сооружений большеразмерных комбинированных систем уникальных объектов строительства. С применением разработанной методики выполнен расчет динамических характеристик реальных систем «основание – железобетонные конструкции фундаментов и трибун – металлоконструкции покрытия» стадионов в Нижнем Новгороде и Ростове-на-Дону к Чемпионату мира по футболу 2018 года, продемонстрирована её «организационная» и вычислительная эффективность. На основании выполненного конечно-элементного моделирования сформулированы рекомендации по применению разработанной методики для широкого класса расчетных исследований комбинированных большеразмерных систем уникальных зданий и сооружений.

Структура и оформление работы. Диссертационная работа изложена на 161 странице и состоит из введения, 4 глав, последовательно раскрывающих суть исследований, заключения, списка литературы из 129 наименований. Материал диссертационных исследований хорошо структурирован и изложен в лапидарном научном стиле.

Во введении автором обоснована актуальность темы диссертации, описана степень разработанности темы исследования, сформулирована цель диссертации и поставлены задачи исследования, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы

исследования, приведены положения, выносимые на защиту и сведения об апробации работы.

В первой главе представлен обзор литературы по теме диссертационной работы. В разделах 1.1 и 1.2 приведены общее описание и примеры исследуемых комбинированных большеразмерных систем. В разделах 1.3 и 1.4 описаны особенности и общие принципы моделирования напряженно-деформированного состояния и динамических характеристик большеразмерных сооружений. В разделе 1.5 приведен обзор современных конечноэлементных программных комплексов.

Во второй главе приведена суперэлементная методика моделирования динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции». В разделе 2.1 представлено общее описание разработанной методики. В разделе 2.2 приведены основные формулировки краевых задач трехмерной нестационарной динамики упругой среды, возникающие в расчетах исследуемых систем. В разделе 2.3 описаны численная аппроксимация задач линейной теории упругости, алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений и частной проблемы собственных значений. Подробно описаны методы суперэлементов. В разделе 2.4 приведено описание реализации разработанной методики, базового программного обеспечения, а также собственных программных разработок автора.

Третья глава посвящена анализу результатов процедуры верификации разработанной суперэлементной методики моделирования динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции». В разделе 3.1 приведено обоснование выбора верификационных задач. В разделе 3.2 представлен пример, демонстрирующий работоспособность различных вариантов метода динамического синтеза подконструкций. Определены наиболее эффективные и удобные, с точки зрения практического использования и реализации подходы. В разделе 3.3 в качестве верификационного примера представлен

реальный объект – входной блок ТЦ «Волгамолл» в г. Волжский. Продемонстрированы эффективность и особенности использования разработанной суперэлементной методики для исследования динамических характеристик комбинированных систем схожего типа.

В четвертой главе выполнена апробация разработанной суперэлементной методики моделирования динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции». В разделе 4.1 приведены описания, геометрические и физико-механические параметры несущих конструкций стадионов в Нижнем Новгороде и Ростове-на-Дону. В разделе 4.2 представлены сведения о постановке задач вычислительного эксперимента на примере конечноэлементного и суперэлементного моделирования динамических характеристик конструкций исследуемых стадионов. Приведены данные о параметрах расчетных моделей, количестве и типах используемых конечных элементов. В разделе 4.3 представлен анализ результатов динамического расчета полной системы «основание – железобетонные конструкции фундаментов и трибун – металлические конструкции покрытия» стадиона в Нижнем Новгороде и составляющих её подсистем. Раздел 4.4 посвящен анализу результатов динамического расчета полной системы «основание – железобетонные конструкции фундаментов и трибун – металлические конструкции покрытия» стадиона в Ростове-на-Дону и составляющих её подсистем. В разделе 4.5 представлен анализ вычислительной эффективности разработанной методики.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях. Соискатель имеет 8 научных публикаций в рецензируемых журналах, в том числе входящем в Перечень ВАК РФ по специальности 05.13.18 и в издании, индексируемом в международных базах цитирования Scopus. Материалы опубликованных статей полностью отражают содержание диссертационной работы. Полученные автором результаты докладывались и обсуждались на ряде научно-технических конференций и симпозиумов, в том числе международных, посвященных компьютерному моделированию уникальных зданий и

сооружений. Текст автореферата отражает основные положения диссертации.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и практических рекомендаций диссертации. Все научные положения, выводы и рекомендации диссертации обоснованы, аргументированы и не вызывают сомнений в достоверности, т. к. базируются на фундаментальных принципах механики сплошной среды, последних достижениях вычислительной механики, современных численных методах. Разработанное в работе математическое и программное обеспечение позволяет моделировать динамические характеристики большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции». Выводы и практические рекомендации являются логическим следствием вычислительных экспериментов автора и представлены в форме, удобной для всестороннего критического анализа. Основные положения, выносимые на защиту, несомненно, имеют научную и практическую ценность.

Замечания по работе.

1. В первой главе диссертации отмечено, что в настоящее время применяются четыре основных вида методов динамического синтеза подконструкций: фиксированной границы, свободной границы, смешанной границы и метод нагруженных границ. Из текста непонятно, почему при разработке методики и её верификации решено использовать именно первые два подхода и отказаться от остальных.
2. Объективным недостатком выбранных верификационных примеров является отсутствие сопоставления полученных результатов с аналитическим решением и результатом эксперимента.
3. В работе моделируются и исследуются динамические характеристики большеразмерных комбинированных систем и в заключении делается вывод о применимости разработанной суперэлементной методики к широкому классу расчетных исследований уникальных зданий и сооружений. Однако не сказано, какое значение имеют вычисленные собственные частоты и формы колебаний в расчетах систем схожего типа при

статических и динамических воздействиях.

Заключение по диссертационной работе. На основании изложенного выше считаю, что диссертационная работа Нагибовича Александра Игоревича, выполненная на тему «Суперэлементное моделирование динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем «основание – железобетонные конструкции – металлические конструкции», представляемая к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций, так как она является законченной научно- квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, разработки, исследования, программно-алгоритмическая реализация эффективной суперэлементной методики моделирования динамических характеристик большеразмерных комбинированных систем, имеющей значение для развития численных методов и комплексов программ, математического и компьютерного моделирования уникальных сооружений.

Автор диссертационной работы Нагибович Александр Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

<

П.П. Гайджуров

доктор технических наук, профессор кафедры "Техническая механика"
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный технический университет»,
советник РААСН.

Адрес: 344022, ул. Социалистическая, 162, Ростов-на-Дону

Телефон: 2019060; e-mail: rgsu@rgsu.ru

Подпись д.т.н., профессора, каф. «
П. П. Гайджурова заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета

П.П. Гайджуров

>

В.Н. Анисимов