

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Новикова Павла Игоревича* на тему “Идентификация параметров жесткости конечноэлементных моделей конструкций на основе минимизации расхождений расчетных и натуральных динамических характеристик”, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационное исследование П. И. Новикова посвящено методике выявления и оценке локальных изменений жёсткости стержневых конструктивных элементов пространственных расчётных схем на основе доступных для измерения частот и форм собственных колебаний механической системы. В диссертации предпринята попытка решения актуальной для современного строительства проблемы выявления местных дефектов конструкций по доступным для измерения динамическим характеристикам всей системы. Выполнена апробация разработанной методики на серии экспериментов.

Основная цель работы Новикова П.И. – разработка процедуры идентификации параметров жёсткости адаптивных конечно-элементных моделей на базе минимизации расхождений расчётных и натуральных динамических характеристик. Весьма ценно, что в исследовании используются как передовые динамические методы исследования динамических свойств конструкций, так и современные программные комплексы, что позволяет ставить и решать весьма сложную и трудоёмкую обратную задачу идентификации в пространственной постановке.

Задачи, решённые для достижения поставленной цели:

1) Аналитический обзор современных подходов и методов идентификации жёсткостных параметров конструкций зданий, сооружений, стендов по результатам натуральных динамических исследований.

2) Разработка, программная реализация и верификация математически формализованной методики идентификации параметров жёсткости конструкций по оцифрованным данным экспериментально определенных динамических характеристик на базе адаптируемых конечно-элементных моделей.

3) Применение оцифрованных данных инструментального метода определения динамических характеристик, удовлетворяющего требованиям полноты, точности и оперативности измерений.

4) Верификация методики идентификации (включая локализацию повреждений) жесткостных характеристик конструкций развёрнутых на базе НИУ МГСУ стендов «Конструктор» и «Этажерка» с использованием значимых частот / векторов форм собственных колебаний конечно-элементных моделей и результатов динамических измерений для заданных различных состояний стендов.

Отдельным достоинством работы является рассмотрение двух конструктивно-различных физических стендов, обладающих разной чувствительностью к повреждениям. Наиболее сложный вариант – стенд «Этажерка» – проявляет важность задачи преодоления погрешностей данных измерений как одну из главных проблем решения некорректных обратных задач.

Исследование представляет интерес с точки зрения инженерных приложений в области строительства различных зданий и сооружений, фундаментальных исследований в области строительной механики и строительных конструкций, а также с точки зрения наблюдений за параметрами жёсткости при обследовании и мониторинге конструкций в условиях отсутствия проработанной нормативно-правовой документации.

По представленной работе следует сделать следующие замечания:

1) На страницах 7 и 8 автореферата автор записывает вековое уравнение в форме:  $[K][\Phi] = [\Omega^2][M][\Phi]$ , а не в форме  $[K][\Phi] = [M][\Phi][\Omega^2]$ , как это следовало бы сделать. Матрица собственных значений  $[\Omega^2]$  должна быть именно третьим сомножителем в правой части уравнения.

2) Целевая функция (см. соотношения (4) на стр. 8 автореферата), в результате минимизации которой определяется вектор параметров состояния системы выбрана не очень рационально. Во-первых, при ее формировании используются только формы собственных колебаний и не используются соответствующие частоты. Наш опыт показывает, что при изменении параметров системы, как правило, относительные изменения частот больше, чем относительные изменения составляющих форм собственных колебаний. Поэтому чувствительность метода будет ниже, чем могла бы быть. Во-вторых, на значения

целевой функции влияет способ нормировки собственных векторов. Было бы рационально использовать критерий *МАС*. При его вычислении не имеет значения, как нормированы формы собственных колебаний. Имеют значение только относительные величины составляющих векторов форм колебаний. Это избавляет от дополнительных погрешностей.

3) Автор использует критерий *МАС* в качестве критерия идентификации дефекта. Но *МАС* – интегральный критерий (т.е. зависит от распределения компонент форм колебаний по всей конструкции). Для поиска локальных дефектов более эффективны такие критерии, как *СОМАС*, а для тонкостенных конструкций – критерии кривизны форм колебаний и т.п.

4) На странице 6 автор среди выявленных недостатков существующих подходов отмечает «игнорирование значимых для практики критических повреждений конструкций». Пожалуйста, объясните, что подразумевается под критическими повреждениями.

5) Предлагаемая методика идентификации на стартовом этапе предполагает выделение приоритетных параметров конструкций расчетной схемы. Необходимо пояснить, что является критерием, или что принимается за критерий для выделения элементов.

Приведённые замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы. Работа выполнена на высоком теоретическом уровне и посвящена мало известным в нашей стране, но сложным и крайне актуальным для практики вопросам. И автору удалось добиться серьезных успехов при решении поставленных задач. Т.е. и работа хорошая, и читать ее было интересно. Автореферат хорошо написан и вполне отражает содержание диссертации.

Выполненная работа отвечает квалификационным требованиям, является завершённым актуальным исследованием. Совокупность представленных автором результатов позволяет говорить о том, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных исследований разработана и апробирована востребованная аналитическая методика.

Основываясь на представленном автореферате, мы считаем, что диссертация Новикова П. И. соответствует требованиям высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, в том числе установленным «Положением о присуждении

ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.) и требованиям к оформлению диссертаций по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» на соискание учёной степени кандидата технических наук. Автор работы, Новиков Павел Игоревич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Доктор технических наук,  
главный научный сотрудник

А.М.Юделевич

Кандидат технических наук,  
доцент, ведущий научный сотрудник

Б.В. Цейтлин

Я, Юделевич Александр Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Юделевич Александр Михайлович, доктор технических наук.  
Шифр научной специальности, по которой была защищена докторская диссертация и ее расшифровка: 05.23.07 - «Гидротехническое строительство»  
Должность: главный научный сотрудник лаборатории "Статика и термика бетонных сооружений" (лаборатория 362) отдела «Статика и сейсмостойкость бетонных и железобетонных сооружений» (отдел 360)  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, 21, каб. 399,  
Тел. +7(812)4939477, e-mail: YudelevichAM@vniig.ru

26 ноября 2020 г.

Юделевич Александр Михайлович

Я, Цейтлин Борис Вениаминович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Цейтлин Борис Вениаминович, кандидат технических наук, доцент  
Шифр научной специальности, по которой была защищена кандидатская диссертация и ее расшифровка: 05.23.02 - «Подземные сооружения, основания и фундаменты»  
Должность: ведущий научный сотрудник лаборатории динамики и сейсмостойкости сооружений (лаборатория 361) отдела «Статика и сейсмостойкость бетонных и железобетонных сооружений» (отдел 360)  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, 21, каб. 399,  
Тел. +7(812)4939377, e-mail: tseitlinbv@vniig.ru

26 ноября 2020 г.

Цейтлин Борис Вениаминович

Личную подпись  
удостоверяю:

Начальник отдела  
управления персоналом



Л.Ю. Вишневская

26.11.2020