

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук

Фрезе Максима Владимировича

на диссертационную работу

Нестеровой Ольги Павловны

**«ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ДИНАМИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ (ДГК)  
СИЛЬНО ДЕМПФИРОВАННЫХ СИСТЕМ»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 «Строительная механика»

### Актуальность темы диссертации

Тема диссертации стала весьма актуальной в связи с необходимостью сейсмозащиты зданий и инженерных сооружений. Системы сейсмозащиты включают демпфирующие элементы. Значительная часть сооружений строится на нескальных основаниях, характеризующихся большим рассеянием энергии в грунте. Для такого рода сооружения нельзя подобрать ДГК без исследований диссертанта.

### Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом, замечания по оформлению диссертации.

Диссертация включает 140 страниц печатного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (173 источника, в том числе 50 на иностранном языке).

Во введении обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулирована тема и поставлены задачи исследования, дана краткая характеристика работы.

Первая глава диссертации содержит краткий обзор теории сейсмостойкости и анализ исследований в области динамического гашения сейсмических колебаний. Содержание главы не вызывает вопросов

представленный материал определяет цель и метод исследований, выполненных диссертантом.

Вторая глава большая по объему и содержит две независимые части. Первая часть посвящена подбору параметров ДГК демпфированных систем. Исследования выполнены в классической постановке, но с дополнительным учетом демпфирования в защищаемом сооружении. Большое внимание уделено ДГК большой массы и по этому вопросу получены оригинальные результаты.

Вторая часть посвящена развитию линейно-спектральной методики (ЛСМ) расчета для систем с произвольным демпфированием. Этому вопросу можно было бы посвятить отдельную главу, а можно и отдельную диссертационную работу. При всей сложности вопроса диссертант не только привел основные теоретические положения ЛСМ демпфированных систем, но и довел теорию до применения, выполнив расчеты ДГК. Эта часть – безусловный успех диссертанта.

Третья глава содержит исследования работы ДГК при воздействиях, заданных акселерограммами землетрясений. Здесь, как и в предыдущих разделах, сказывается желание автора взять под сомнение сложившиеся подходы к проблеме. Диссертант начал исследования с анализа свойств сейсмических воздействий и разработки требований к пакету расчетных акселерограмм. Так же, как и задача совершенствования ЛСМ, задача обоснования расчетных воздействий могла бы послужить темой отдельной работы. Автор, тем не менее, и в этом вопросе получил новые результаты и рекомендации, особенно в части энергетических характеристик воздействия. В частности, автор приводит спектры работ сил пластического деформирования и на их основе предлагает новый критерий оценки силы землетрясения. Далее диссертант, видимо, вынужден остановиться с исследованием воздействия, поскольку тема работы посвящена ДГК. В результате у читателя появляются вопросы. Все слабые воздействия, рассмотренные в работе для ПЗ, имеют вид сильного толчка (импульса скорости) и небольшой вибрации. Возможно, это связано с дополнительными энергетическими требованиями и требованием к

коэффициенту гармоничности. При таком воздействии снижение нагрузки составляет всего 30-40%. Встает вопрос – это природа вещей или недостаточная проработка модели воздействия. Если взять сильное воздействие и отнормировать его на меньшую амплитуду, игнорируя другие показатели, то эффект будет заметно выше.

Четвертая глава содержит исследования работы ДГК для упругопластических систем и систем с деградирующей жесткостью. Автор пытался и здесь комплексно решить задачу, увязывая задание воздействия, целевую функцию и параметры оптимизации для нелинейной системы. Такая задача выходит, по нашему мнению, за рамки диссертационной работы кандидата технических наук. Можно сказать, что автору удалось задать возможные целевые функции для рассматриваемых систем. Что касается оптимальной настройки, то автору удалось показать, что для упругопластической системы эта настройка лежит в диапазоне между частотой упругой системы и частотой, соответствующей максимуму на спектре пластических деформаций. Для системы с деградирующей жесткостью диссертант показал, что настройка ДГК на неповрежденную систему снижает повреждаемость сооружения при сейсмическом воздействии.

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

Автором сформулировано 13 выводов.

Первый вывод не вызывает вопросов. Он резюмирует анализ состояния исследуемого вопроса и следует из текста первой главы диссертации.

Второй вывод указывает на то, что для демпфированных систем использование ДГК приводит к снижению сейсмических колебаний, однако настройка ДГК зависит от демпфирования в сооружении. Вывод не вызывает возражений.

Третий вывод отмечает невозможность использования метода инвариантных точек для анализа ДГК демпфированных систем и констатирует факт, что в диссертации получены настройка и демпфирование ДГК методом

перебора параметров на сетке их возможных значений. Вывод следует из выполненной работы.

Четвертый вывод имеет важное теоретическое значение. Диссертант установил связь критической массы ДГК с демпфированием в сооружении. Эта связь должна войти в справочную и учебную литературу.

Пятый вывод представляет самостоятельный интерес. Диссертант разработал вариант ЛСМ для произвольного демпфирования в рассчитываемой системе. Методика обоснована и апробирована в диссертационной работе. Этот результат важен не только для расчета ДГК, но и для других систем с непропорциональным демпфированием.

Шестой вывод содержит две части. Во-первых, он утверждает, что предложенный диссертантом вариант ЛСМ применим для расчета любых демпфированных сооружений, а во-вторых, нормативный вариант ЛСМ не применим при затухании в сооружении и ДГК более 15% от критического значения. Соответствующее обоснование приведено в работе.

Седьмой вывод представляется очевидным. Он указывает на то, что наиболее опасные акселерограммы для системы без ДГК и с ДГК различны. Вывод также предупреждает об осторожности анализа ДГК с использованием акселерограмм, сгенерированных под площадку строительства. Соображения автора по этому вопросу следует признать справедливыми, хотя в тексте диссертации этот вопрос детально не рассматривался.

Восьмой вывод посвящен параметрам сейсмического воздействия. Автор указывает большой набор параметров сейсмического воздействия, включая энергетические и отмечает, что расчетное воздействие должно иметь параметры, близкие к реальным. С этим трудно не согласиться. Диссертант много внимания уделил этому вопросу в работе и получил ряд результатов, выходящих за рамки задач, поставленных в диссертации.

Девятый вывод затрагивает новую энергетическую характеристику воздействия, использующую понятие спектра работы сил пластического деформирования. Диссертант назвал ее в диссертации SEI (seismic energy index)

Десятый вывод утверждает, что ДГК повышают сейсмостойкость сооружений при разрушительных землетрясениях. Этот вывод обоснован в диссертации.

Одиннадцатый вывод утверждает, что для систем с деградирующей жесткостью следует настраивать гаситель на собственную частоту колебаний неповрежденной системы. Из работы следует, что при такой настройке, как минимум, позже начнется накопление повреждений, что повысит сейсмостойкость сооружения. Возможно, оно вовсе не начнет получать повреждения. Однако не исключено, что при сильном продолжительном воздействии можно настраивать ДГК на частоту поврежденного сооружения.

Двенадцатый вывод относится к упругопластическим системам и, по мнению диссертанта, более сложный чем 11-ый. Нам представляется все наоборот. Автор четко указал две возможные настройки ДГК – на частоту неповрежденной системы и на максимум на спектре работ сил пластического деформирования, а также указал особенности воздействия, которые позволяют принять ту, или иную настройку. Этот результат обоснован в работе.

Тринадцатый вывод предлагает использование двух ДГК. Это пожелание очевидно, но в работе не рассматривалось.

**Достоверность и научная новизна полученных результатов**  
Достоверность результатов подтверждается использованием апробированных методов механики, а также соответствием результатов работы данным других исследований, выполненных в области ДГК. Многие известные результаты являются частным случаем результатов диссертанта.

Научная новизна работы не вызывает вопросов. Автор получил серьезные новые результаты, как в теории ДГК, так и в смежных областях теории сейсмостойкости.

В теории ДГК диссертант обосновал эффективность и получил оценки настройки и демпфирования ДГК демпфированных систем, уточнил понятие критической массы ДГК и получил ее зависимость от демпфирования в

сооружении, рассмотрел эффективность ДГК для упругопластических систем и систем с деградирующей жесткостью.

В смежных областях теории сейсмостойкости диссертант предложил вариант ЛСМ для расчета систем с непропорциональным демпфированием, новые характеристики сейсмического воздействия и методику генерирования опасных для сооружения акселерограмм.

#### **Ценность для науки и практики.**

Научно-практическая ценность работы безусловна и достаточно широка.

Прежде всего, диссертант обосновал применение ДГК для сейсмозащиты демпфированных сооружений и получил рекомендации по настройке и демпфированию ДГК. Это позволяет, в частности, использовать ДГК для снижения смещений сейсмоизолированных систем. В 2009 г. АО «Трансмост» и «Стройкомплекс-5» разрабатывали системы сейсмозащиты мостов в г.Сочи. Если бы рецензируемая работа была тогда в наличии, проектирование существенно упростилось бы, а некоторые решения могли быть улучшены.

Практическую значимость имеет вариант ЛСМ для демпфированных систем, и предложенный в работе. Его можно использовать для развития существующих программных комплексов.

#### **По работе необходимо высказать ряд замечаний.**

1) Работа, как квалификационная, перегружена. Исследования моделей сейсмического воздействия можно было отложить на будущее, тем более что они только в небольшой степени использовались диссертантом. Например, весьма интересный модифицированный показатель  $SED_{mod}$  введен на стр.72 диссертации и далее не используется.

2) С практической точки зрения в работе не хватает исследования ДГК при неоптимальном демпфировании. Оптимальное демпфирование часто не удается реализовать практически

3) В формуле (3.16), вводящей показатель SEI, не хватает времени под корнем в знаменателе. Без него не получится желаемая размерность м/с.

4) Задание исходных данных (весовых коэффициентов) в программу, приведенную диссертантом (стр.78) неоднозначно. Как их конкретизировать?

5) В работе имеются отдельные неточности и неудачные формулировки. Например, в автореферате предмет исследований, если уж это нужно, следовало бы взять из названия работы; землетрясения традиционно называют разрушительными, а не разрушающими (стр.8 автореферата); в формуле (7) важный для диссертанта коэффициент  $K_{\psi}$  вовсе не описан. В диссертации на рисунках с результатами расчета по акселерограммам (Рис. 3.14, 3.15, 3.16) нет единиц измерения по осям. Можно указать и другие мелкие неточности.

### **Публикация основных положений диссертации**

Основные положения диссертации опубликованы в 24 печатных работах автора. Из 24 публикаций – 1 единоличная, 7 публикаций представлены в журналах списка ВАК, 6 публикаций представлены в журналах списка SCOPUS и Web of Science.

Еще одна единоличная статья диссертанта по теме работы в журнале списка ВАК, почему-то не указана.

*Нестерова О.П. К вопросу об использовании пролетного строения в качестве динамического гасителя колебаний мостовых опор / О.П. Нестерова // Бюллетень результатов научных исследований. - 2019. - № 1. - С. 24-30*

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Оценивая диссертацию Ольги Павловны Нестеровой, можно утверждать, что выполненное исследование является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной для развития строительной механики задачи. В работе обоснована эффективность и получены настройка и демпфирование ДГК демпфированных систем, введено и исследовано понятие критической массы ДГК, разработан вариант ЛСМ для расчета сейсмостойкости сооружений с непропорциональным демпфированием.

Результаты исследований широко представлены в научных публикациях и апробированы на конференциях различного уровня. Автореферат соответствует основным положениям и выводам диссертации.

Замечания по диссертации не влияют на ее общую положительную оценку.

Представленные диссертация и автореферат соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации – Нестерова Ольга Павловна – заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – «Строительная механика».

Официальный оппонент,  
главный специалист сектора  
разработки программных средств,  
Акционерное общество «Трансмост»  
кандидат технических наук

Фрезе Максим Владимирович

190013, Санкт-Петербург, Подъездной пер., 1

Тел. +7 (812) 332-6233

E-mail: freze1978@yandex.ru

Подпись Фрезе М.В. заверяю:

*специалист по кадрам*

*Александров В.И.*  
*29.05.2019*

