

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Индейкина Андрея Викторовича на диссертацию Островской Надежды Владимировны
«Метод расчета и оптимизации параметров пластических демпферов в системах
сейсмоизоляции», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 - Строительная механика

Несмотря на широкое применение в научной работе и инженерной практике современных мощных вычислительных средств, основанных на применении метода конечных элементов (МКЭ) и граничных интегральных уравнений (ГИУ) аналитические методы расчета сооружений и их элементов не утратили своего значения, а в ряде случаев их применение оказывается предпочтительным.

При этом основное требование к совершенствованию аналитических методов расчета и разработке соответствующих математических моделей является адекватное поставленной задаче задание параметров нагрузки и параметров, характеризующих обобщенную прочность и напряженно-деформированное состояние исследуемых строительных конструкций и их элементов.

Представленная диссертационная работа находится в русле развития аналитических методов расчета элементов сейсмоизоляции сооружений, обеспечивающих надежность работы защищаемого объекта в экстремальной ситуации.

Назначение оптимальных параметров устройств сейсмоизоляции должно обеспечивать заданный высокий уровень надежности их работы, снижение рисков и связанных с ним затрат одновременно со снижением стоимости самих систем сейсмоизоляции.

Автором в качестве объекта исследования приняты пластические демпферы, получающие все большее применение в системах сейсмоизоляции сооружений (например, на Олимпийской лыжной трассе в Красной Поляне, путепроводов большого Сочи и т.п.).

В связи с этим актуальность рассматриваемой работы сомнений не вызывает.

Основной задачей, решаемой в диссертации, является разработка метода аналитического расчета силовых характеристик пластически деформируемых элементов пластического демпфера, определения пластического запаса этих элементов и оптимизация параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции.

С целью решения поставленной задачи автором детально проанализирована работа различных конструктивных вариантов пластических демпферов, их конструктивные особенности. Рассматривались отечественные и зарубежные варианты конструкций средств демпфирования, применяемых в системах сейсмоизоляции (ОАО «КБСМ», США, Китай, Италия, ФРГ, Япония и др.), а также произведен обзор научных исследований по расчету и выбору параметров пластических демпферов (обоснование расчетной силовой характеристики демпфера, выбор оптимальных параметров демпфирования).

Автором показано, что в целом исследование поведения пластических демпферов под нагрузкой еще далеко не закончено, а применение конечно-элементного моделирования требует перебора большого количества факторов, влияющих на характеристики демпфирования, что препятствует успешному поиску оптимальных параметров.

Соискателем произведен численный анализ динамики сейсмоизолированного объекта на примере маятниковой системы сейсмозащиты, разработанной в ОАО «КБСМ» и получен вывод о существовании оптимума параметров демпфера и трудности его реализации с помощью конечно-элементных расчетов (с 46 диссертаций).

Однако, это утверждение не приближает к решению задачи отыскания глобального оптимума по всему спектру частот воздействия. Если не фиксировать частоты, то увеличение вязкого демпфирования может снизить относительные смещения практически до нулевых значений, а абсолютные ускорения до некоторой постоянной величины.

Глава диссертации, посвященная определению параметров силовой диаграммы упругопластических элементов, содержит важные для практического применения в проектной работе результаты, обладающие существенной научной новизной.

Приведенные в этой главе аналитические решения позволяют осуществить графический переход от параметрических зависимостей к явному виду диаграммы «сила-прогиб» для прямолинейного стержня. Для стержней с криволинейными очертаниями оси аналитически получена силовая диаграмма в параметрической форме.

Задача решена в линейной и нелинейной постановках.

Корректность полученных аналитических зависимостей при построении диаграммы «сила-прогиб» доказана автором диссертации с результатом расчета по конечно-элементной модели. Результаты расчетов с использованием аналитических зависимостей и конечно-элементных моделей практически совпадают (расхождение 3-5% с учетом геометрической нелинейности модели и до 1 % - без учета геометрической нелинейности (стр.66-67)).

Существенные элементы научной новизны и практическую ценность представляет методика определения пластического ресурса демпферных стержней при малоцикловой усталости (с.73-78)

Учет этого фактора позволяет более адекватно описать реакцию элементов пластического демпфера- демпферных стержней на реальную сейсмическую нагрузку.

Н.В. Островской выполнено статистическое моделирование для оптимизации параметров сейсмоизоляции. При этом показано, что задача оптимизации наиболее корректно решается только при двухчастотном задании сейсмической нагрузки на защищаемый объект (сравнение рисунков 5.1, 5.2 и 5.3, с. 80-81).

Рассматриваемая автором статистическая модель воздействия характеризуется бимодальной («двугорбой» по терминологии автора) спектральной плотностью (первый максимум соответствует преобладающему периоду на сейсмограмме, второй- на акселерограмме).

Для расчетов с помощью метода статистического моделирования автором получен пакет искусственных акселерограмм объемом 300 ед.

Оптимизация проведена по критерию минимальности стандарта значений абсолютных ускорений защищаемого объекта.

Задача оптимизации выполнена и использованием пакета реальных акселерограмм и получена зависимость дисперсии процесса от коэффициента γ и получен острый минимум дисперсии при $\gamma = 0,15$.

Приведен также частный пример оптимизации в нелинейной постановке задачи.

Результаты статистического моделирования имеют важное практическое значение для оценки эффективности метода оптимизации пластического демпфера при проектировании систем сейсмозащиты, заключающегося в существенном (в1,8 раза) снижении сейсмического риска.

В диссертации приведены результаты экспериментального исследования эффективности пластического демпфирования. Эффективность пластического демпфирования оценивается с помощью сравнений значений максимального абсолютного ускорения и максимального относительного перемещения системы с применением пластического демпфирования.

Следует отметить, что применение термина «эффективность» в главе VI не предполагает постановки стандартной задачи определения эффективности в строго математическом смысле, а термин «эффективность» употребляется автором в смысле «преимущество».

Недостатки, замечания по диссертации.

1. Автор во многих случаях не проводит четкого различия между целевой функцией и критерием оптимизации.
2. Недостаточно обосновано двухчастотное задание сейсмической нагрузки, отсутствуют ссылки на применение такого способа задания другими исследователями (например, Г.В. Сорокиной).
3. Автором диссертации допускаются определенные вольности в терминологии. Вместо устоявшегося в теории сейсмозащиты сооружений коэффициент γ (затухание в долях критического) в уравнениях (2.5) и (2.6) назван безразмерным коэффициентом относительно линейного демпфирования (с.33).
4. При доказательстве существования оптимальных значений параметра демпфирования в нелинейной модели следовало бы указать значения коэффициентов жесткости сейсмоизоляции и учесть, что в работе предшественников (А.А. Долгая) показано существование критического периода колебаний элементов сейсмоизоляции. При значении периода ниже критического, оптимального значения параметра демпфирования не существует.
5. При представлении результатов статистического моделирования для определения параметров элементов пластического демпфера автором на рис. 5.4 (с.85) приведена только спектральная плотность скорости. Картинка «двугорбой» спектральной плотности смещений и ускорений осталась за кадром.

Подводя итог анализа диссертационного исследования Н.В. Островской следует отметить, что предоставленная работа обладает существенными элементами научной новизны и практической значимости.

Научная новизна заключается:

- 1) в получении автором корректных аналитических зависимостей для описания силовых характеристик пластически деформируемых элементов демпфера и получении решения в практически важных частных случаях в замкнутой форме;
- 2) в разработке метода оценки пластического ресурса демпферных стержней в условиях циклического нагружения;
- 3) в развитии методов статистического моделирования процессов в системах сейсмоизоляции с применением пластических демпферов.

Приведенные выше существенные элементы научной новизны определяют теоретическую ценность работы.

Практическая ценность результатов диссертационного исследования состоит в том, что разработанные аналитические методы позволяют повысить качество и надежность проектируемых систем сейсмозащиты путем варьирования геометрий и количеством стержней в пластических демпферах.

Достоверность полученных научных результатов и практических рекомендаций подтверждается данными эксперимента с физической моделью в виде макета здания с сейсмоизоляцией маятникового типа при воздействии нагрузки, моделирующей сейсмическую, а также соответствием с высокой степенью точности (1-3%) результатов аналитического и численного методов расчета для построения силовых диаграмм пластических элементов демпферов.

Апробация работы осуществлена путем выступления автором с докладами на двух международных, всероссийской и четырех региональных научных конференциях в период 2007-2015 г.г.

Имеются элементы внедрения в производство при производстве сейсмоизолирующих опор СМ-859 (разработчик ОАО «КБСМ», г. Санкт-Петербург, изготовитель – ОАО «Спец-М», г. Пермь) и в учебный процесс СПбГМТУ.

Научные разработки Н.В. Островской удостоены трех дипломов Правительства Санкт-Петербурга в 2012, 2013 и 2014 годах.

Основные научные результаты, выводы и практические рекомендации представлены в 10 публикациях, из них 5 единоличных публикациях автора.

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК Министерства образования и науки РФ опубликовано 5 статей, из них 3, в которых Н.В. Островская является единоличным автором.

Эти публикации отражают все существенные стороны диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает основные методы исследования, полученные результаты и выводы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Н.В. Островской «Методы расчета и оптимизации параметров пластических демпферов в системах сейсмоизоляции» соответствует специальности 05.23.17 «Строительная механика», содержит научные положения и выводы, отвечающие квалификационным требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Представленная диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор – Островская Надежда Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 «Строительная механика».

Официальный оппонент:

Заслуженный работник высшей школы РФ,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Теоретическая механика»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»

Андрей
Викторович
Индейкин

адрес: 190031, г. Санкт-Петербург,
Московский пр., 9,
Тел. 8 (812) 310-70-14; 457-82-49,
E-mail: andrey.indeykin@mail.ru
<http://www.pgups.ru>

10 марта 2016 г.

