



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Библиотека научных разработок
и проектов НИУ МГСУ

О.В. Мкртычев, Г.А. Джинчвелашвили

ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ В ТЕОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ (ГИПОТЕЗЫ И ЗАБЛУЖДЕНИЯ)

2-е издание

Москва 2014

УДК 624.04; 550.3
ББК 38.112
М 71

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

Р е ц е н з е н т ы:

доктор технических наук, профессор *Е.Н. Курбацкий*,
заведующий кафедрой подземных сооружений
(Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ));
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
В.Г. Бедняков, заведующий лабораторией надежности строительных
конструкций (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом МГСУ

Мкртычев, О.В.

М 71 Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения) : монография / О.В. Мкртычев, Г.А. Джинчвелашвили ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — 2-е изд. — Москва : МГСУ, 2014. — 192 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

ISBN 978-5-7264-0801-9

Проанализированы научные основы важных аспектов расчета и проектирования конструкций зданий и сооружений в сейсмических районах. Рассматриваются укоренившиеся заблуждения в теории сейсмостойкости, препятствующие дальнейшему ее развитию. Излагаются некоторые аспекты проектирования конструкций зданий и сооружений в сейсмических районах.

Для специалистов по сейсмостойкому строительству, проектировщиков, а также научных работников и аспирантов, занимающихся нелинейными расчетами.

УДК 624.04; 550.3
ББК 38.112

ISBN 978-5-7264-0801-9

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов.....	3
Введение.....	5
1. Общие положения современной теории сейсмостойкости.....	8
2. Обзор подходов к учету нелинейной работы конструкций.....	15
2.1. Энергетические критерии оценки несущей способности сооружений.....	17
2.2. Оценка несущей способности сооружений при сейсмических воздействиях методом Ньюмарка.....	22
2.3. Способы определения коэффициента пластичности.....	25
2.4. Основные идеи и методы корректной оценки несущей способности сооружений при сейсмических воздействиях.....	29
2.5. Особенности применения метода предельного равновесия.....	31
2.6. Анализ условий разрушения нерегулярных пластических систем при повторно-переменном нагружении.....	35
2.7. Анализ механизмов обрушения упругопластических систем и принцип свободы выбора возможных перемещений.....	37
2.8. Теоремы о возможности реализации механизмов потери устойчивости или прогрессирующего обрушения системы.....	40
2.9. Особенности применения кинематического метода теории свободы выбора возможных перемещений к описанию механизма разрушения упругопластических систем при сейсмических воздействиях.....	48
3. Учет нелинейных эффектов в отечественных и зарубежных нормативных документах.....	52
3.1. Основные положения Еврокода 8 по проектированию сейсмостойких сооружений.....	53
3.1.1. Правила проектирования железобетонных зданий.....	57
3.1.2. Правила проектирования зданий с металлическим каркасом.....	59
3.1.3. Правила для комплексных зданий и зданий с каркасом из жесткой арматуры....	61

3.1.4. Специфические правила для деревянных зданий.....	61
3.1.5. Специфические правила для каменных зданий.....	63
3.2. Основные положения норм проектирования сейсмостойких сооружений Республики Узбекистан.....	64
3.3. Основные положения Турецких норм по учету нелинейной работы конструкций.....	69
3.4. Основные положения Алжирских норм в части назначения коэффициента редукции....	69
3.5. Основные положения Индийских норм.....	72
3.6. Нелинейные спектры реакции в нормах США.....	74
3.7. Особенности сейсмостойкого проектирования в нормативных документах КНР.....	75
3.8. Некоторые положения отечественных норм..	84
4. Результаты теоретических исследований нелинейной работы сооружений при сейсмических воздействиях и анализ последствий землетрясений..	87
4.1. Развитие расчетных динамических моделей сооружения.....	88
4.2. Теоретические исследования нелинейной работы каркасных зданий методом расчленения с использованием интегральных характеристик..	98
4.3. Исследования нелинейной работы каркасных зданий на воздействие акселерограмм реальных землетрясений с использованием интегральных характеристик.....	104
4.4. Обзор ряда исследований систем с переменными параметрами и адаптивных систем сейсмозащиты.....	106
4.5. Экспериментально-теоретические исследования рамных каркасов в условиях интенсивных динамических воздействий.....	108
4.6. Основные выводы из анализа поведения зданий при Спитакском землетрясении 1988 г....	113
5. Исследование работы зданий и сооружений методами нелинейной динамики с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейностей.....	128
5.1. Неявные и явные методы интегрирования уравнений движения.....	128

5.2 Численные эксперименты простых систем с использованием одномерных РДМ.	130
5.2.1. Линейный и нелинейный осциллятор. ...	130
5.2.2. Описание неупругой работы материала конструкций с помощью интегральных моделей. .	131
5.2.3. Одномерные системы с конечным числом степеней свободы.	136
5.2.4. Реакция железобетонной колонны со сосредоточенной массой.	139
5.3. Исследование сложных многоэлементных систем.	141
5.3.1. Многоэлементная перекрестно-стенная система.	141
5.3.2. Учет нелинейности при расчете многоэтажного монолитного здания на интенсивное сейсмическое воздействие.	145
6. Расчет зданий, оснащенных системами активной сейсмозащиты, с учетом нелинейной работы конструкций.	154
Основные выводы.	167
Библиографический список.	170
Приложение. Основные расчетные положения стандарта организации Московского государственного строительного университета (СТО МГСУ) «Строительство в сейсмических районах».	174