

ОТЗЫВ

Официального оппонента диссертационной работы: «Математическое моделирование процессов нелинейного деформирования составных конструкций каркасного типа при комбинированных воздействиях», представленной **Роффе А.И.** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 д.т.н., доц., профессора НИУ МГСУ **Джинчвелашвили Г. А.**

Конструкции каркасного типа широко применяются в современном строительстве, выполняя несущие функции. Актуальность исследования деформирования каркасных строительных конструкций с учетом нелинейных эффектов, реальных свойств конструкционных материалов, включая современные композиты, наличия геометрических и конструктивных особенностей и неоднородностей обусловлена как запросами инженерной практики, так и необходимостью дальнейшего расширения теоретических и прикладных исследований в механике. Необходимо отметить, что определение несущей способности конструкций методами вычислительного эксперимента позволяет существенно сократить сроки и стоимость проектно-конструкторских работ. Кроме того, зачастую бывает невозможно смоделировать реальные условия работы с помощью экспериментального оборудования, а для строительных конструкций это связано также со значительными материальными и экономическими затратами.

Диссертационная работа выполнена на 117 листах, в которых содержится 49 рисунков и 7 таблиц. Состоит из введения, четырех глав, выводов и списка используемой литературы из 110 наименований.

Во введении автор ставит цели и задачи работы, а так же кратко описывает главы диссертационной работы и описывает ход решения.

Обращу внимание, что задача не является новой, но от этого не уменьшается ее актуальность. **Первую главу** диссертант посвящает анализу уже существующих методов решения задач статики и динамики конструкций при различного рода воздействиях, помимо этого, развивает математические модели позволяющие исследовать железобетон на образование трещин, как при упругой, так и при упругопластической работе арматуры. Рассматривает несколько вариантов сопряжения строительных конструкций – «монолитное» и «сборное». Разрабатывает модель поведения конструкции установленной на амортизированной фундаментной плите.

Для дискретизации по пространству и времени, во **второй главе** автор используется метод конечных разностей. Вариационно-разностный метод позволяет получить консервативные разностные схемы. Рассматриваются особенности аппроксимации условий сопряжения элементов как «монолитных», так и «сборных» конструкций. Разрабатывается модель поведения составной конструкции на амортизированном фундаменте, что вкупе с методикой моделирования сейсмического воздействия позволяет получить численное решение как статических, так и динамических задач с учетом начального нагружения, путем адаптации квазидинамической формы метода установления для решения сеточных уравнений уже в **третьей главе**. Автором предлагается единая разностная схема позволяющая эффективно исследовать особенности деформирования составных каркасных конструкций как при статических, так и динамических нагружениях в едином вычислительном эксперименте. Предлагается методика оценки параметров вязкоупругих амортизирующих элементов, для выбора их оптимальных значений.

Четвертая глава приведены результаты проведенных исследований процессов нелинейного деформирования составных конструкций при комбинированных воздействиях. На основе разработанных автором математических моделей и методов решения нестационарных задач была рассмотрена железобетонная конструкция с учетом начального статического нагружения, при динамических воздействиях, моделирующих воздействие сейсмических волн. Рассматри-

вается несколько вариантов расположения фундаментной плиты каркасной конструкцией, как на грунте, так и на упругих или вязкоупругих амортизирующих элементах.

Полученные результаты показали, что вязкоупругие амортизирующие элементы позволяют более чем на порядок снизить пиковые ускорения в момент начала воздействия сейсмической волны.

В **выводах** кратко изложены результаты работы и процесс их получения, с описанием хода исследований, с выделением научной новизны и значимости представленной работы.

Научная новизна результатов работы заключается в том, что:

1) на основе теории балок и панелей Тимошенко в рамках геометрически нелинейных соотношений теории изгиба и деформационной теории пластичности разработаны и развиты адекватные математические модели и вычислительные алгоритмы, позволяющие на основе одностепенных разностных схем исследовать особенности геометрически и физически нелинейного деформирования составных неоднородных конструкций каркасного типа при воздействии статических и динамических нагрузок;

2) построена новая математическая модель для исследования процессов деформирования амортизированных каркасных конструкций при нестационарном воздействии, моделирующем горизонтальную компоненту сейсмической волны, и разработаны практические критерии для определения оптимальных значений параметров вязкоупругих амортизаторов;

3) для общего случая аппроксимации инструментальной сейсмограммы разработана методика, основанная на использовании кубической сплайн-интерполяции;

4) на основе квазидинамической формы метода установления в сочетании с явной разностной схемой второго порядка аппроксимации построен вычислительный алгоритм для решения стационарных и нестационарных задач, что позволяет получать оценку остаточной несущей способности конструкций при решении геометрически и физически нелинейных задач;

5) исследовано влияние параметров вязкоупругих амортизаторов на процессы деформирования составной железобетонной конструкции при совместном действии горизонтальной компоненты сейсмической волны и статической нагрузки и установлено, что использование вязкоупругих амортизаторов позволяет более чем в 10 раз снизить пиковые значения ускорений на элементах каркасной конструкции.

Диссертационная работа Александра Ильича Роффе выполнена на высоком научном и практическом уровне. На защиту вынесены разработанные и развитые математические модели, позволяющие исследовать особенности нелинейного деформирования составных конструкций каркасного типа при различных воздействиях, методом вычислительного эксперимента, без проведения натурного эксперимента.

Построены и предложены новые математические модели, позволяющие на основе однотипных разностных схем исследовать деформирование составных конструкций каркасного типа, учитывающие:

- образование, развитие трещин в бетоне;
- работу армирующих элементов;
- работу амортизированной фундаментной плиты, для определения ее оптимальных параметров;
- стационарные и нестационарные задачи, позволяющие получить оценку остаточной несущей способности сооружения в целом.

В результате проведенных исследований автор показал, что несущая способность сооружения может быть повышена без увеличения процента армирования, путем реализации податливых условий сопряжения конструкции с большим числом степеней свободы. В результате проведения вычислительного эксперимента А. И. Роффе показал, что использование вязкоупругих амортизаторов позволяет более чем в 10 раз снизить нагрузку на составную конструкцию при воздействии горизонтальной компоненты сейсмической волны. Проведенные исследования, с учетом их использования при проектировании позволят оптимизировать составные каркасные конструкции по прочностным и весо-

вым характеристикам, а также разработать рекомендации по их удельному весу и материалоемкости.

В связи с этим, результаты исследования А. И. Роффе имеют как теоретический интерес для развития задач механики деформируемого твердого тела, так и практическую значимость для использования в предварительных расчетах сложных составных строительных конструкций каркасного типа.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций.

Достоверность и обоснованность полученных в работе математических моделей и численных методов основывается на использовании фундаментальных законов механики деформируемого твердого тела и подтверждается практической сходимостью численных решений при сопоставлении с известными аналитическими решениями тестовых задач.

В качестве практической составляющей можно отметить реализацию математических моделей и численных методов их решения, для составных конструкций каркасного типа при различных воздействиях, в виде прикладных программ для персональных ЭВМ.

По диссертационной работе имеется ряд замечаний:

1. Приведенные параметры сейсмической волны соответствуют сейсмичности в 9 баллов, но в работе этот факт не отражен.
2. Малое внимание уделено использованию композиционных материалов.
3. Судя по диссертационной работе, при моделировании динамической задачи вязкое затухание учитывается по модели Релея, однако, в работе не указывается величина декремента колебаний принятая в расчетах.
4. К сожалению, в диссертационной работе отсутствуют блок-схемы или тексты вычислительных программ, используемые при проведении вычислительных экспериментов.

Несмотря на высказанные замечания, работа производит хорошее впечатление, она прошла апробацию, обсуждалась на ряде конференций, в том числе международных. Опубликовано 12 статей, из них 3 в изданиях из списка ВАК РФ.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями к научным работам, автореферат по своему содержанию полностью соответствует основному тексту диссертации.

Считаю, что научно-квалификационная работа «Математическое моделирование процессов нелинейного деформирования составных конструкций каркасного типа при комбинированных воздействиях» выполнена на актуальную тему, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний. Работа отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней (постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Роффе Александр Ильич вполне заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Доктор технических наук, доц.,
проф. кафедры «Сопротивление
материалов» НИУ МГСУ

Джинчвелашвили
Гурам Автандилович

Джинчвелашвили Гурам Автандилович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Сопротивление материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ).

129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
тел.: +7 (499) 183-28-91, guram2004@yandex.ru

Получено
Зав. кафедрой
Джинчвелашвили Г. А.

