

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Филипповой Юлии Федоровны
по теме: **«Оценка живучести повреждаемых стержневых конструкций»**,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности
01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, 242 источника, и трех приложений. Работа изложена на 183 страницах, включая 80 рисунков и 13 таблиц.

Цель диссертационной работы заключается в разработке технологий оценки живучести стержневых конструкций для прогнозирования их поведения в поврежденном состоянии.

Актуальность исследований обусловлена тем, что традиционными расчетами на прочность, жесткость, устойчивость и выносливость не удается полностью исключить возможности разрушений стержневых конструкций в силу неизбежных начальных дефектов в реальных конструкциях и запроектных внешних воздействий. Анализ свойств и поведения конструкций в таких условиях составляет предметную область конструкционной живучести. В связи с вышесказанным являются актуальными системные обоснования и разработка технологий исследования живучести, включающих в себя определение специфических показателей, критериев и методик оценки живучести при возникновении и накоплении повреждений стержневой конструкции вне зависимости от отраслевой принадлежности технических объектов.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- 1) Исследовано напряженно-деформированное состояние стержневых конструкций при повреждении их структурных элементов для анализа их живучести.
- 2) Сформулированы и апробированы на практике количественные показатели, критерии, методики оценки структурной живучести стержневых конструкций в связи с их функциональным назначением.
- 3) Разработаны и апробированы на практике показатели и методики анализа живучести структурно-сложных узлов сочленения стержневых элементов в связи с расчетными ситуациями разрушения и экспериментальной реализацией возможных сценариев их поведения.

Объектами исследования являются повреждаемые стержневые конструкции машин, оборудования, инженерных сооружений как класс технических объектов. Отметим, что перечисленные объекты относятся к классу технически сложных систем СТС. Разработка методик анализа живучести технически сложных систем ориентирована на экстремальные природные условия Сибири и Севера страны, включая многочисленные районы с высокой сейсмичностью.

Предметом исследования являются свойства стержневых конструкций в поврежденном состоянии.

На защиту автор вынесла следующие положения:

количественные показатели, критерии, методики оценки структурной живучести силовых, колебательных, прецизионных конструкций стержневого типа;

ранговые показатели, критерии, методики оценки живучести структурно-сложных узлов сочленения стержневых элементов;

результаты исследования структурной живучести стержневых конструкций телекоммуникационного контейнера и мачты, колебательной системы бака высокого давления электрореактивных двигателей космических аппаратов, силового каркаса крупногабаритного рефлектора параболической антенны наземных систем спутниковой связи;

структура и результаты исследования логико-вычислительной модели деформирования и разрушения повреждаемого структурно-сложного узла сочленения стержневых элементов каркаса рефлектора.

Научная новизна работы:

Предложены показатели, критерии и методики количественной оценки структурной живучести стержневых конструкций, отличающиеся расширенным учетом их функционального назначения (обеспечение несущей способности, частотного спектра свободных колебаний, сохранения формостабильности) в составе технического объекта.

Введены ранговые показатели и разработана методика анализа живучести повреждаемых структурно-сложных узлов сочленения стержневых элементов, отличающиеся тем, что они основаны на определении и расчетно-экспериментальном исследовании множества возможных сценариев накопления повреждений.

Практическая значимость работы заключается в том, что созданы предпосылки и работающий инструментарий для изучения свойств конструкции в поврежденном состоянии на ранних стадиях ее жизненного цикла, обоснованы, разработаны, апробированы технологии анализа живучести, которые могут быть применены к произвольным стержневым конструкциям независимо от их отраслевой принадлежности.

Проанализированы особенности технических объектов, относящихся к конструкциям стержневого типа. Рассмотрены случаи отдельных крупных аварий, а также статистика катастрофических разрушений стержневых конструкций за 100 лет. Подчеркивается каскадный, многоэтапный характер развития повреждений и разрушения, при котором повреждение одних стержневых элементов приводит к перегрузке других конструкций и последующему их разрушению. Показатели живучести анализируются как в детерминированном виде, так в вероятностной постановке. К сожалению, в качестве **первого замечания** отметим, что во втором случае нет уверенности в том, что назначенные расчетные сценарии развития повреждений и разрушений стержневых элементов СТС не образуют полной системы событий в смысле теории вероятности.

Для получения оценок НДС повреждаемых стержневых конструкций была предложена инженерная методика, включающая в себя (пункт 2) получение численных оценок собственных частот конструкций в поврежденных состояниях и (пункт 3) определение интервальных оценок характеристик демпфирования конструкций-аналогов. Однако здесь за рамками исследования остались достаточно тонкие вопросы, связанные с достоверной оценкой собственной частоты технической системы, конструкции которой могут находиться в поврежденных состояниях. Суть проблемы заключается в зависимости собственной частоты инженерного сооружения от уровня динамической нагрузки, при котором она фиксируется. Получивший широкое распространение в инженерной практике метод микродинамических испытаний, при которых конструктивные элементы заведомо работают в упругой стадии, дают завышенные значения частот по сравнению с частотами, зафиксированными при значительно более высоком уровне динамического воздействия, которому подвергается реальное сооружение в течение его жизненного цикла. Ситуация осложняется еще и тем обстоятельством, что задача восстановления конфигурации повреждений по инструментальным значениям частот относится к, так называемым, «некорректным» задачам (Грэхэм М.Л. Глэдвелл. Обратные задачи теории колебаний, 2008 г.). Термин «корректная» задача употребляется здесь в смысле известных ограничений Жака Адамара: (1) решение существует; (2) решение единственное; (3) решение является непрерывной функцией исходных данных. Аналогично обстоит дело и с показателями демпфирования инженерных сооружений – они также зависят от уровня динамического нагружения. Наиболее отчетливо влияние этих эффектов проявляется при нагрузках типа сейсмических.

Таким образом, **второе замечание** сводится к тому, что автором в явном виде не рассматриваются аспекты, связанные с зависимостью собственных частот колебаний от уровня динамической нагрузки.

Перечень недочетов диссертационной работы, которых естественно не удалось избежать при столь сложной тематике, вероятно, следует продолжить указанием о необходимости четкого определения материала стержневых конструкций. Судя по перечню исследованных объектов, это в основном сталь и композиционные материалы. Поэтому суть **третьего замечания** заключается в том, что ссылка на работу проф. Гениева Г.А. и др. (Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях / М.: Изд-во АСВ, 2004) выглядит несколько инородно.

Вместе с тем автор Отзыва считает, что существуют широкие возможности использования разработанных автором диссертации методик для оценки живучести стержневых элементов из железобетона при оценке сейсмической надежности каркасно-панельных конструкций жилых домов высотой до 24 этажей в г. Красноярске. Согласно карте СМР Красноярска, составленной СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН, 70% городской территории относится к 7-балльной и 30% — к 6-балльной зоне по шкале MSK-64. В настоящее время проходит процедуру согласования карта Общего сейсмического районирования ОСР-2016, после утверждения которой указанные параметры СМР приобретут статус нормативных документов, узаконенных на уровне Минстроя России. Тогда перед стройкомплексом города-миллионника возникнет необходимость решения двух задач. Во-первых, это необходимость перевода стройиндустрии из несейсмического варианта (6 баллов) в сейсмостойкий формат с уровнем сейсмоусиления не ниже 7 баллов. Во-вторых, возникает необходимость оценки сейсмического риска (в случае землетрясения 6-7 баллов) застройки г. Красноярска, которая в течение 70 лет велась без учета сейсмики. Именно здесь могут найти применение разработки настоящей диссертации.

Несколько навязчивое впечатление оставляют предложенные аббревиатуры во втором разделе автореферата (БВМСУА, ВМУПД, ВМКВ, ВМПУ). Как избежать этого — автор Отзыва не берет на себя смелость давать советы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» в части формулы специальности; целей изучения закономерностей и связей, динамических процессов, напряженного состояния и прочности машин, приборов и аппаратуры; областей исследования.

Оценивая диссертационную работу Ю.Ф. Филипповой в целом, следует отметить, что исследования такого плана способствуют становлению и формированию теории живучести в самостоятельную научную дисциплину.

Все сделанные выводы апробированы автором и имеют публикации соответствующего уровня. Считаю необходимым отметить высокий рейтинг публикаций по теме работы в международных базах данных, индексируемых Web of Science и Scopus.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Филиппова Юлия Федоровна, заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Бержинский Юрий Анатольевич
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
e-mail: berj@crust.irk.ru
тел. (3952) 425-997

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

Руководитель отдела сейсмостойкого строительства ФБГУН ИЗК СО РАН, кандидат геолого-минералогических наук.

- Я, Бержинский Юрий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета Д 003.054.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, и их дальнейшую обработку.

20 апреля 2020 года

