

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента Красноруцкого Дмитрия Александровича на диссертационную работу Филипповой Юлии Федоровны «Оценка живучести повреждаемых стержневых конструкций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

### **1. Актуальность тематики работы**

Механика стержневых конструкций – довольно развитая часть механики деформируемого твердого тела. Использование методов и инструментов механики позволяет прогнозировать и обеспечивать поведение стержневых конструкций при заданном комплексе внешних воздействий. Однако зачастую неучтеными являются качество изготовления и монтажа, условия эксплуатации, возможные случайные события в течение их жизненного цикла, интенсивности деградации конструкционных материалов. Как следствие, возможны дефекты, повреждения, локальные разрушения элементов конструкций, в результате чего конструкции работают при наличии повреждений. Системные исследования поведения поврежденных конструкций в настоящее время выполняются в объеме, недостаточном для удовлетворения потребностей практики, в частности, для обеспечения техногенной безопасности инженерных сооружений. Таким образом, очевидна актуальность работы для инженерной практики.

В диссертации основное внимание уделяется анализу свойств конструкций в сильно поврежденных состояниях. Основной практической задачей является обеспечение техногенной безопасности, проводится исследование поведения конструкций в условиях множества рассматриваемых сценариев повреждений, установление наиболее опасных сценариев накопления и развития повреждений, определение вклада повреждения отдельных конструктивных элементов и их функциональных групп в снижение работоспособности конструкций.

В связи с этим следует констатировать теоретическую и практическую актуальность для механики стержневых конструкций исследований, направленных на изучение влияния повреждений конструкций на их способность сохранять работоспособность при заданных нагрузках. Этим актуальным направлениям исследований и посвящена диссертационная работа Филипповой Ю.Ф.

### **2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, оценка их достоверности**

Для диссертации характерна реализация системного подхода как к декомпозиции стержневых конструкций и свойств их живучести, так и к выстраиванию технологии расчетно-экспериментального анализа напряженно-деформированных состояний и предлагаемых показателей живучести. В работе разумно и рационально сочетаются возможности и преимущества инфор-

мационного, логического и структурного моделирования при описании силового взаимодействия и повреждений элементов стержневых конструкций, численных методов конечно-элементного анализа при исследовании напряженно-деформированных состояний конструкций. Понимание и в основном адекватное применение диссертантом указанных методов при решении задач диссертационного исследования обусловили достаточный для инженерных приложений уровень обоснованности и достоверности результатов.

### **3. Научная новизна результатов**

Автором предложены количественные оценки структурной живучести стержневых конструкций, отличающиеся расширенным учетом их функционального назначения. Положения научной новизны, и защищаемые положения конкретизируются для стержневых конструкций трех функциональных типов – силовых, колебательных и прецизионных. Введены ранговые показатели и разработана методика анализа живучести повреждаемых структурно-сложных узлов сочленения стержневых элементов, основанные на расчетно-экспериментальном исследовании множества возможных сценариев накопления повреждений.

### **4. Сведения о практическом использовании полученных результатов**

Практические результаты работы использованы при проектировании несущих конструкций (контейнер-аппаратная с приставной мачтой) телекоммуникационного оборудования, предназначенного для эксплуатации в экстремальных условиях, выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию крупногабаритного прецизионного рефлектора параболической антенны наземных систем спутниковой связи, о чем имеются акты внедрения.

При анализе стержневых конструкций контейнера-аппаратной с приставной мачтой подтверждена их устойчивость к локальным повреждениям при действии комплекса экстремальных внешних воздействий, включающих ветровые нагрузки VII ветрового района, сугробовые нагрузки, сейсмические воздействия магнитудой 9 баллов в диапазоне температур от  $-45$  до  $+45$  °C.

При исследовании каркаса прецизионного рефлектора выполнена практическая оптимизация структуры каркаса и сечений его стержневых элементов с целью требуемых значений формостабильности отражающей поверхности зеркала в условиях ветровой нагрузки до 55 м/с в температурном диапазоне от  $-50$  до  $+55$  °C, в том числе с учетом возможных локальных повреждений.

### **5. Завершенность работы, ее соответствие специальности, стиль и качество оформления**

Диссертационная работа Филипповой Ю.Ф. является концептуально целостной и завершенной, что обеспечивается системным подходом к проблеме конструкционной живучести стержневых систем. Это выражается во взаимосвязи и взаимообусловленности защищаемых научных положений, отражающих различные аспекты оценки живучести за счет анализа закономерностей

изменения предлагаемых показателей живучести от варьируемой степени поврежденности.

Наименование, содержание работы, методология и результаты исследования соответствуют паспорту специальности 01.02.06.

Стиль и качество оформления соответствуют современному уровню квалификации кандидата технических наук.

## **6. Публикация основных результатов исследований**

Основные научные результаты диссертации Филипповой Ю.Ф. опубликованы в 21 научной работе различного уровня, семь из которых в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, и индексируются в международных базах цитирования. Девять работ опубликовано автором самостоятельно, без соавторства. Содержание опубликованных работ дает достаточно полное представление о научной новизне полученных автором результатов.

## **7. Замечания**

Принципиальных замечаний, способных поставить под сомнение формулировки защищаемых положений и научной новизны работы, нет. Вместе с тем, есть ряд претензий и замечаний, на которые рекомендую автору обратить внимание в дальнейшей работе.

1. В контексте изложенного на страницах 48-49 понимается, что автор сравнивает низшие частоты собственных колебаний целой и поврежденной конструкции, при этом делает заключение, что низшая частота сильно меняется в зависимости от модели разрушения (цитата: «варианты с удаленным и разрезанным стержнем приводят к существенно различным частотам (269 и 153 Гц) и формам»), однако, в рассматриваемой ситуации тон собственных колебаний, который был низшим до повреждения практически не изменился, просто его частота после внесения повреждений оказалась выше частоты собственных колебаний поврежденного элемента и изменила свой порядковый номер в общем спектре, не более. Так, будь эта конструкция, например, несколько выше, то её низшая частота могла оказаться меньше частоты колебаний поврежденного элемента, и тогда бы повреждение практически никак не отразилось на низшей частоте собственных колебаний. Поэтому вывод автора «...применение той или иной технологии моделирования разрушения структурного элемента вносит фактически определяющий вклад в достоверность оценок динамических характеристик» и «...целесообразно использовать технологию моделирования разрушения путем геометрической модификации модели – разрезанием стержня в месте предполагаемого разрушения...» не основан приведенным примером.

2. На странице 71 автор делает вывод о том, что «отсутствие сходимости нелинейной задачи» «свидетельствует» «о полной потери несущей способности», но, известно, что правильно поставленная задача о статическом деформировании твердого тела не может не иметь решения. Более того, геометрически нелинейная задача может иметь множество решений. Если численное решение задачи не сходится, то это не говорит, о том, что решения нет, это мо-

жет говорить о том, что 1) задача некорректно поставлена, 2) выбран неподходящий метод численного решения.

3. На странице 50 автор даёт следующее заключение: «... рекомендованная для анализа только собственных частот и форм свободных колебаний технология разрезания стержня модификацией геометрической модели не может быть применена к решению уравнений движения (2.24). Единственный вариант – технология РСЭ...», не понятно, почему в процессе пошагового решения динамической задачи нельзя добавить новые узлы в модель и разделить поврежденный элемент конструкции, по сути, перейти к новой конечно-элементной модели, но в качестве начальных условий взять найденные ранее значения неизвестных и при необходимости интерполировать их для новых узлов.

4. В первой главе приведены основные соотношения метода конечных элементов, формулы метода прямого интегрирования и т.п. без указания ссылки на документ, подтверждающий использования этих формул в программном комплексе (Ansys), что создает ложное впечатление их использования автором напрямую, а не опосредованно через Ansys.

## 8. Заключение

Диссертация Ю.Ф. Филипповой представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Полученные докторантом новые научные результаты имеют существенное значение для предметной области конструкционной живучести. Выводы и рекомендации являются обоснованными. Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»

Юридический адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

Почтовый адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

Тел.: (383) 346-08-43 (общий отдел)

Факс: (383) 346-02-09

E-mail: [rector@nstu.ru](mailto:rector@nstu.ru)

Доцент кафедры «Прочность летательных аппаратов» факультета летательных аппаратов, канд. техн. наук, доцент

Тел.: +79538886144

E-mail: [krasnorutskiy@corp.nstu.ru](mailto:krasnorutskiy@corp.nstu.ru)

Отзыв составлен 11.05.2020 г.

Поручив *М.А. Красноруцкому* и  
запечатав *ИГ ФГУП ИКМ*



Д.А. Красноруцкий