

## ОТЗЫВ

официального оппонента 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»

### **Актуальность темы исследования.**

Развитие науки о прочности от частных задач обеспечения прочности при нормальной эксплуатации к связанным технико-социально-экономическим задачам безопасности и защищенности предполагает анализ поведения конструкции на стадии разрушения. Рассматриваемая работа посвящена анализу перехода от разрушения, развивающегося устойчиво (с малыми приращениями перемещений), к неустойчивому, с большими производными от перемещений по параметру нагрузки или времени. Анализ этого перехода является обязательным для задач безопасности, т.е. анализа риска, а рассматриваемая в работе сторона этого анализа – влияние резервирования в конструкциях – представляется исследованной в меньшей мере, чем многие другие аспекты. С этой точки зрения работа, безусловно, является актуальной.

### **Научная новизна**

заключается во введении количественных показателей, характеризующих способность системы противостоять прогрессирующему разрушению (называемую автором «живучестью»). На примерах показано формирование таких показателей для конструкций с различными типами разрушения – нарушением целостности, потерей жесткости, выходом частотных характеристик за заданный диапазон.

### **Достоверность**

полученных результатов определяется корректным применением известных (апробированных и сертифицированных) средств расчета; подробным анализом многочисленных возможных механизмов разрушения.

### **Практическая ценность**

заключается в разработанных и использованных при проектировании реальных конструкций (телекоммуникационного контейнера и антенны наземных систем спутниковой связи) методиках анализа живучести, позволяющих на стадии проектирования выбрать решение, менее подверженное риску прогрессирующего разрушения.

Результаты работы в достаточной мере **опубликованы и апробированы**. Автореферат отражает основное содержание диссертации, выносимые на защиту положения и выводы.

По работе имеется ряд **вопросов и замечаний**.

1. Решение о достаточности рассчитанных показателей живучести для того, чтобы считать конструкцию приемлемой, должно опираться на сравнение с нормативными значениями (аналог нормативных коэффициентов запаса). К сожалению, в диссертации вопрос о возможности формирования такой нормативной базы даже не обсуждается – а без этого неясно, как применять результаты.
2. Сценарии разрушения задаются априорно (характерен в этом отношении пример с креплением бака высокого давления на стр. 90-91). Рассматривался ли какой-либо способ расчетного определения возможного сценария? Рассматривался ли способ прямого определения наихудшего сценария?
3. В качестве основной характеристики прочности рассматривается напряжение, причем делается это для конструкций из пластичного материала при разрушении, т.е. при наличии существенных нелинейных эффектов (предполагаемая высокая пластичность материала проявляется не только в обозначении  $\sigma_{0.2}$ , но и в том, что не рассматриваются остаточные напряжения). Следовало бы использовать более адекватные критерии разрушения.
4. Моделирование разрушения с помощью уменьшения жесткости конечных элементов, называемое в диссертации РСЭ, не является единственным способом моделирования разрушения – хотя автор и утверждает, что «при получении численного решения невозможна модификация геометрической модели (удаление или разрезание структурного элемента)» (стр.55). Известны, например, и XFEM, и удаление элементов в LS-DYNA (более подходящее для описания аварийных ситуаций с заметными взаимными смещениями частей конструкции, чем РСЭ в ANSYS), и преобразование конечных элементов в элементы другого типа (технологии «Solid to SPH» и «Solid to DES» в LS-DYNA), и модели с внутренними односторонними связями для описания растрескивания бетона.
5. Неявные методы, типа использованного в работе метода Ньюмарка, являются устойчивыми, но в «жестких задачах», в которых присутствует отклик на существенно разных частотах, могут не обнаруживать высокочастотную составляющую. Изгибные колебания стержня и распространение в нем продольных волн деформации характеризуется существенно – на порядки – различающимися постоянными времени. Можно ли указать заранее случаи, в которых высокочастотная составляющая усилий от продольных колебаний разрушенного стержня окажется несущественной?
6. Предлагаемая «инженерная методика анализа напряженно-деформированного состояния» (стр. 52) включает использование анализа устойчивости при рассмотрении сценария разрушения. Здесь существует 2 особенности. Во-первых, потеря устойчивости развивается во времени и в быстротекущем процессе развития аварийной ситуации может «не успеть» проявиться из-за наличия инерционных сил; неучет этого даст ошибку в запас прочности. Во-вторых, реализованная в пакетах МКЭ (тот же ANSYS) методика анализа устойчивости, опирающаяся на поиск собственных чисел и собственных векторов матрицы жесткости, предполагает идеальную геометрию элемента и отсутствие дополнительных нагрузок – например, боковых инерционных нагрузок, вызванных движением конструкции при разрушении

одного из элементов; этот фактор дает ошибку расчета не в запас прочности. Таким образом, использование в предлагаемой методике «анализа устойчивости» дает ошибку, для которой невозможно установить не только величину, но даже знак – что неудобно при анализе результатов.

7. Неясны рассуждения об учете сейсмических нагрузок. Учитывается ли изменение собственных частот конструкции при расчете на проектное землетрясение, происходящее после гипотетического разрушения  $i$ -го элемента?

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»**

Диссертация Ю.Ф.Филипповой «Оценка живучести повреждаемых стержневых конструкций» является научно-квалификационной работой, отвечающая критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и содержит научно обоснованные разработки, имеющие существенное значение для обеспечения техногенной безопасности проектируемых конструкций. Автор работы – Филиппова Юлия Федоровна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Официальный оппонент – профессор кафедры технической механики ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», д.т.н., профессор Чернявский А.О.

«\_28\_» апреля 2020 г.

454080 Россия, г.Челябинск, пр. Ленина, 76,  
Южно-Уральский государственный университет

Тел / факс 8(351)2679261

E-mail: [cherniavskii@susu.ru](mailto:cherniavskii@susu.ru)

