

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

