

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Строгоновой Ольги Александровны "Методы оценки статической трещиностойкости конструкций морской техники", представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 - Теория корабля и строительная механика

Объём и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 104 страницах, включая 34 рисунка, 11 таблиц, 3 приложения и список литературы из 53 источников.

Актуальность

Надёжность конструкций морской техники зависит от решения нескольких задач: определения допустимого размера производственных дефектов, предотвращения либо ограничения роста дефектов в течение срока службы, возможностей неразрушающего контроля при выявлении дефектов в процессе производства и при эксплуатации. Снижение консерватизма оценок достигается учётом резерва работоспособности материала при стабильном развитии дефектов по вязкому механизму в заданных условиях эксплуатации на основе применения механики разрушения.

Разработкой критериев вязкого разрушения в настоящее время занимаются ведущие мировые учёные. В данной работе рассмотрена возможность снижения объёма необходимых экспериментов за счёт внедрения научно обоснованного экспериментально-аналитического метода.

Основные научные результаты

1. Разработана процедура оценки допустимости трещиноподобных дефектов в цилиндрических оболочках, выполненная в рамках линейной механики разрушения (для конструкций из малопластичных материалов), для широкого спектра видов дефектов и их расположения в конструкции.
2. Разработан новый экспериментально-аналитический метод построения J_R -кривой в условиях упруго-пластического деформирования, основанный на принципе нормализации нагрузки.
3. Разработан уточнённый метод построения зависимости градиента нормализованной нагрузки от приращения трещины на начальной стадии распространения трещины.
4. Показано хорошее соответствие J_R -кривых для сталей различных марок, полученных экспериментальными методами и экспериментально-аналитическим методом оценки приращения глубины трещины.
5. Разработан метод оценки работоспособности оболочки с дефектом, позволяющий определить критическую величину нагрузки, при которой распространение трещины при статическом нагружении оболочки переходит в нестабильное (не требующее приложения внешней нагрузки) разрушение.

Достоверность результатов исследования

Достоверность полученных результатов по определению J_R -кривых обеспечивается использованием основных положений механики деформируемого твёрдого тела и механики разрушения. Показано хорошее соответствие результатов расчётов с данными, полученными другими авторами, и результатами эксперимента.

Практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы позволяют контролировать и обеспечивать требуемый уровень надёжности корпусов-оболочек в отношении сопротивляемости

развитию начальных дефектов, нормировать допустимые размеры таких дефектов в зависимости от свойств материала корпуса и нагруженности конструкций.

Содержание и оформление работы

Содержание работы **соответствует специальности 05.08.01** — Теория корабля и строительная механика. Работа написана хорошим языком и имеет ясную структуру. Выносимые на защиту положения являются обоснованными. Выводы, сделанные в работе, отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа **О.А.Строгоновой** оформлена в соответствии с требованиями ВАК и представляет собой законченное научное исследование.

Автореферат диссертации отражает содержание диссертации, формулировки основных результатов и выводов в автореферате и диссертации не идентичны, но близки по содержанию.

По тексту диссертационной работы и автореферата можно сделать следующие **замечания**:

1. В названии диссертации фигурирует трещиностойкость конструкций. На самом деле автором исследуются только оболочки правильной круговой формы, не имеющие сварных соединений. Как известно, конструкции МТ являются сварными, и дефекты образуются, как правило, не в основном металле, а в зоне сварных соединений, где наличествуют остаточные напряжения и концентраторы напряжений. Не ясно, из каких соображений автором рассматривались глубокие трещины в основном металле и какова предполагаемая природа их появления.

На стр. 29 диссертации указано: «расчет разрушения конструкции с трещиной выполняется с помощью нахождения зависимости J -интеграла, соответствующего внешней нагрузке, геометрии конструкции и трещины, от приращения глубины трещины...». Это — основополагающий момент предлагаемой методики, однако из текста не ясно, как находить данную зависимость (формула (21)) для конструкций МТ, если они отличны от элементарной формы, для которой существует аналитическое или эмпирическое решение.

Кроме того, критическими местами в конструкциях МТ являются узлы сложной геометрии с местными изгибами, а не цилиндрические оболочки, если это не трубопроводы. Если же это трубопроводы, большую роль играет овальность сечения. Данные положения автором не рассматривались.

2. Автором не рассмотрены наиболее вероятные механизмы роста дефектов МТ, к которым в первую очередь относятся усталость и коррозионное растрескивание под напряжением. Исследуется только статическое нагружение конструкций МТ, причём при неуказанной температуре (как для конструкции, так и для образцов при испытании). При этом не рассмотрен типичный случай, когда материал обладает достаточной вязкостью, но эксплуатируется при температурах вязко-хрупкого перехода, не исключая хрупкие разрушения. Например, в 20м издании стандарта API 1104 в таком случае расчёты сопротивления разрушению проводятся с использованием минимальных значений трещиностойкости материала, а использование J_R -кривых не имеет практического смысла.

3. На стр. 4 диссертации автор пишет: "в настоящее время приобрела распространение концепция допустимости дефекта, основанная на пригодности к эксплуатации". Данная концепция в мировой практике принимает во внимание вероятностную природу процессов разрушения, используя законы распределения нагрузки, температуры, свойств материала и вероятности обнаружения дефектов. К сожалению, автор не уделил внимания данной концепции. Международно признанные стандарты по экспериментальному определению трещиностойкости и по инженерным оценкам пригодности к эксплуатации на основании инженерно-критического анализа

перечислены вперемешку. Автор не ссылается на стандарты BS 7910, API 1104, DNV-OS-F101, с оценками по которым необходимо сравнивать результаты проведённых автором исследований.

4. На стр. 6 диссертации автор пишет: «рассмотренные диаграммы разрушения... расширяют возможности неразрушающих методов контроля». В Заключении автор говорит о возможности «оптимизировать процедуры НК». Данное положение не ясно. Оценки сопротивления разрушению, напротив, должны базироваться на известной выявляемости дефектов имеющимися средствами контроля.

5. Автор исследует оболочки из высокопрочных малопластичных сталей и в то же время пользуется для своих оценок пользуется J_R -кривыми, применение которых имеет смысл только в случае гарантированного отсутствия хрупких разрушений при температуре расчётного случая. Если говорить о сварных соединениях высокопрочных сталей, получение J_R -кривых для них практически невозможно как минимум вследствие недостаточной деформационной способности.

6. В главе 2 предложен достаточно сложный метод учёта паразитных перемещений по линии нагружения при испытании образцов SENB. Его сравнение со стандартными методами не проводилось, поэтому преимущества не ясны. Можно было хотя бы провести простую проверку корректности данного метода по величине модуля упругости на начальном участке откорректированной диаграммы нагружения.

7. На стр. 70 диссертации автором проводилась оценка корректности полученного при испытании значения K_{Ic} . Она выполнена неверно, так как рассмотрено только одно из условий корректности — по отношению нагрузок, но и оно посчитано неправильно, $P_{max}/P_Q=1,15$. Таким образом, найденное K_Q не является K_{Ic} .

8. В Заключении, на стр. 75, написано: «уточнены критерии областей использования решений линейной и нелинейной механики разрушения». Извините, но данные критерии, связанные с основными допущениями ЛМР и НЛМР, являются основополагающими. Для ЛМР это малость размера зоны пластичности в вершине трещины, для НЛМР — отличие идеального нелинейно упругого материала от реального упруго-пластического, вследствие чего нарушается условие переноса зоны пластичности за вершиной трещины. По-видимому, автор имел в виду что-то другое.

9. Внедрение результатов работы выполнено в «Руководстве по техническому наблюдению за постройкой и эксплуатацией морских подводных трубопроводов» 2009г. Однако вышла новая редакция данного руководства, утверждённая 30.12.2015г., в которую внесены значительные изменения. Непонятно участие автора в дальнейшем совершенствовании методики.

10. Автореферат и диссертация содержат ряд погрешностей технического характера:

Большинство источников, перечисленных в списке литературы, не имеют ссылок по тексту диссертации.

На стр. 12 диссертации, п. 1.1.1 имеется ссылка на решение для осевой трещины [46], полученное с использованием метода конечного элемента. Однако указанный источник информации относится к 1943 году, когда расчёты МКЭ не проводились.

На стр. 32 диссертации указано, что экстензометр измеряет раскрытие трещины. На самом деле датчик раскрытия измеряет перемещение берегов надреза в его устье.

На стр. 33 написано, что по мере роста глубины трещины наклон диаграммы на участке разгрузка-нагрузка уменьшается. На самом деле он увеличивается, так как упругая податливость растёт с уменьшением нетто-сечения образца.

На стр. 39 диссертации изображение на рис. 18 неверно. Если речь идёт о пластической составляющей перемещения, на начальном этапе упругого нагружения она должна быть равна (или хотя бы близка) к нулю, а на рисунке наблюдается тот же наклон, что и для полной величины перемещения.

К техническим погрешностям можно отнести несоответствие цифр, указанных в таблицах 3 и 6 главы 2 диссертации. При попытке произвести расчёт по формуле (52) некоторые данные последнего столбца таблицы 6 не получаются.

На стр. 9 и 10 автореферата дважды повторяется описание концепции линейной зависимости между градиентом нормализованной нагрузки и приращением глубины трещины.

Перечисленные замечания не снижают научной и практической ценности полученных результатов и диссертационной работы в целом.

Представленную диссертацию оцениваю как завершённую научно-квалификационную работу, вносящую большой вклад в разработку методологии прогнозирования прочности металлических материалов в составе корпусов морской техники с дефектами.

Основные результаты, полученные в работе, представлены в 10 научных публикациях, из которых 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК. Результаты апробированы на научных конференциях.

О.А.Строгонова продемонстрировала высокую научную квалификацию, владение экспериментальными и экспериментально-аналитическими методиками исследования трещиностойкости материалов и теоретическими методами оценки сопротивления разрушению. Приведённые результаты можно классифицировать как новые и имеющие большое практическое применение.

Считаю, что рецензируемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней", утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842. Её автор Строгонова Ольга Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 — Теория корабля и строительная механика.

Официальный оппонент —
старший научный сотрудник,
кандидат технических наук

 Владимир Юрьевич Филин

ФГУП "ЦНИИ КМ "Прометей", Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49,
тел. +7 (812) 710-25-48, e-mail: npk3@crism.ru

Подпись к.т.н. Филина В.Ю. удостоверяю.
Учёный секретарь диссертационного совета
ДС 411.006.01, д.т.н., профессор



 Виктор Андреевич Малышевский