

Институт «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»		
Док.	Вх. № <u>3511</u>	в ДЕЛО
	« <u>21</u> <u>11</u> 20 <u>19</u> г.	№ _____
	Осн. <u>5</u> л.	подп. _____
	Прим. _____ л.	

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора **Людмилы Рафаиловны Ботвиной** на диссертационную работу **Владимира Юрьевича Филина** «Разработка критериев трещиностойкости и хладостойкости материалов сварных конструкций морского шельфа на основе механики разрушения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.16.09 «Материаловедения» (машиностроение) и 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

Наиболее важной проблемой наук о материалах является обеспечение надежности и безопасности конструкций. Для решения этой проблемы необходимы исследования в направлениях:

- развития методологии оценки механических свойств, ответственных за эксплуатационные характеристики материала, в частности, оценки трещиностойкости и хладостойкости материалов;
- изучения влияния на эти характеристики масштабного фактора, динамики приложения нагрузки, наличия сварных соединений и напряженного состояния;
- развития современных методов прогнозирования свойств и состояния материала конструкции, а также обоснования коэффициента запаса на основе вероятностного подхода;
- совершенствования процедуры оценки свойств и нормативных документов, регламентирующих правила оценки свойств.

Эти задачи становятся еще более острыми, если конструкции используются в районах Арктики и при этом применяются новые материалы. Решению именно этих задач и посвящена диссертационная работа В.Ю. Филина, которая, безусловно, является **актуальной**.

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка используемой литературы из 241 наименования, изложена на 397 страницах, содержит 172 рисунка и 53 таблицы, Приложения на 28 страницах с 8 таблицами результатов и актами внедрения разработок автора.

В первой главе рассмотрены основные факторы, определяющие эксплуатационные свойства сварных конструкций, пути прогнозирования условий старта и торможения трещины, тенденции развития методов определения трещиностойкости металла сварных соединений, особое внимание уделено масштабному эффекту и разбросу данных по трещиностойкости, методикам аттестации и оценке прочности конструкций с дефектом.

Вторую главу диссертант посвятил анализу и развитию расчетных методов, обеспечивающих работоспособность сварных конструкций.

Материалы **третьей главы** включают экспериментальные результаты оценки механических характеристик основного металла и металла сварных соединений на образцах различных типов, рассмотрены методические вопросы испытаний и предложены пути совершенствования процедуры аттестации материала по свариваемости.

В четвертой главе представлены результаты имитации термического цикла сварки, позволяющие оценивать свариваемость исследуемых сталей, а также результаты изучения микроструктуры зон термического влияния, выполнено сравнение структур при реальной и имитационной сварке.

Пятая глава посвящена проблеме обоснования коэффициента запаса в условии прочности сварных соединений, приведены результаты численного анализа моделирования при определении коэффициента запаса.

В шестой главе рассмотрены проблемы оценки критических температур хрупкости по данным испытаний по различным методикам, уделено внимание анализу макро- и микрорельефа разрушения исследуемых материалов в интервале температур вязко-хрупкого перехода.

В седьмой главе изложены предложения диссертанта по совершенствованию нормативной документации, основанные на проведенном исследовании и обеспечивающие надежность конструкций морской техники и подводных трубопроводов.

Изложенная структура диссертации свидетельствует об использовании в работе В.Ю. Филина многочисленных экспериментальных и расчетных методов, обеспечивающих **достоверность** полученных данных и свидетельствующих о междисциплинарности проведенных исследований. Достоверность и **степень обоснованности** выводов и рекомендаций подтверждена и использованием современных методов расчета для оценки напряженного состояния, проведением имитационных испытаний и их

сравнением с экспериментальными данными, согласием полученных результатов с данными других авторов.

Новизну исследования представляют данные, связанные с определением основного вида испытаний для аттестации материалов арктических конструкций в присутствии остаточных напряжений и предложенные соотношения для оценки трещиностойкости типовых сварных элементов конструкций в условии растяжения и изгиба при наличии высоких остаточных напряжений. К важным и новым результатам относится установленная связь результатов испытаний по определению критических температур хрупкости с коэффициентом интенсивности напряжений при торможении трещины, а также результаты расчета коэффициента запаса в условии прочности конструкции с трещиной с учетом погрешности, связанной с аттестацией материала.

К числу интересных результатов можно отнести и расчетную оценку методом МКЭ картины изломов при динамическом нагружении, согласующуюся с экспериментом и позволяющую решать обратную задачу оценки характеристик материала при анализе причины разрушения.

Практическая значимость работы

Выполненные исследования имеют большую практическую значимость, поскольку послужили основой для разработки новых редакций стандартов (СТО «Курчатовский институт»-ЦНИИ КМ «Прометей») по методам испытаний, в том числе испытаний по определению трещиностойкости стали и сварных соединений, оценке критических температур хрупкости, разработки и уточнения несколько разделов правил РМРС, а также приложения к ГОСТу по оценке трещиностойкости стали для применения в Арктике, выполнению более 50 программ аттестации материалов.

В целом, полученные результаты позволяют улучшить процедуру оценки трещиностойкости и хладостойкости материалов, используемых в экстремальных условиях, и таким образом обеспечить надежность и безопасность конструкции. Поэтому приведенные ниже замечания скорее направлены на дальнейшее развитие выполненной диссертантом большой и практически важной работы.

Замечания

1. Оценка масштабного фактора (как основного материала, так и сварных соединений) выполнена на образцах разного типа и из материалов различной прочности, причем типы образцов включают образцы с надрезами, ориентированными в двух взаимно перпендикулярных направлениях, структура сталей не рассматривается. Это осложняет анализ полученных экспериментальных данных, в частности, данных таблицы 3.4 по оценке

температурного сдвига в области вязко-хрупкого перехода с учетом масштабного фактора, и данных по трещиностойкости, свидетельствующих о разбросе ее значений.

2. Предложенный параметр относительной поврежденности ω является, по существу обратным значением коэффициента в известном неравенстве, определяющим корректность оценки трещиностойкости ($B \geq C(K_{IC}/\sigma_{0,2})^2$), часто принимаемым равным 2,5, но не всегда соответствующим этому значению. Поэтому так важна его экспериментальная оценка, требующая экспериментального определения размера пластической зоны.

3. Введены новые понятия макрорельефа изломов, такие как «разрушение в виде стрелок» (по всей видимости, имеется в виду шевронный излом, часто наблюдаемый при хрупком разрушении, и связанный с чередованием квазискользкого и вязкого разрушения) или «язык кристалла», т.е. область хрупкого разрушения вблизи надреза. Требуется разъяснение этих терминов и связь с известными и принятыми обозначениями рельефа изломов.

4. Оценка динамической трещиностойкости ограничена испытаниями падающим грузом, затрудняющими анализ экспериментальных данных в силу упрочнения материала в месте контакта. Поэтому было бы важным провести динамические испытания образцов Шарпи с записью диаграммы и с последующим исследованием изломов, количественной оценкой преобладающих механизмов разрушения в области вязко-хрупкого перехода и их взаимосвязью со структурой материала. При этом следует обратить внимание на расслоения в изломе, которые повышают энергоемкость материала, но вряд ли допустимы в материале трубопроводов, работающих в коррозионных средах.

Заключение

На основании вышеизложенного можно считать, что диссертационная работа **Владимира Юрьевича Филина** «Разработка критериев трещиностойкости и хладостойкости материалов сварных конструкций морского шельфа на основе механики разрушения», является цельным, законченным научным исследованием и выполнена на высоком научном уровне.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают структуру и содержание диссертационной работы, в которой изложены новые научно обоснованные методологические решения оценки трещиностойкости конструкционных материалов и сварных соединений, используемых в экстремальных условиях. Внедрение этих решений вносит значительный вклад в развитие подходов механики разрушения и совершенствование нормативных документов по оценке трещиностойкости и критических температур хрупкости.

По актуальности решенной проблемы, научной новизне и практической значимости результатов, объему и оформлению, диссертационная работа соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Автор этой работы, Владимир Юрьевич Филин, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.16.09 «Материаловедение» (машиностроение) и 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии».

Официальный оппонент, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, **Людмила Рафаиловна Ботвина**. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук: 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 49. Тел. (499)135-96-83, e-mail: lbotvina@imet.ac.ru. Докторская диссертация защищена по специальностям 01.02.04 - механика деформируемого твердого тела; 01.02.06 - динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

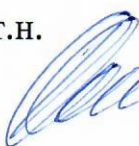
Я, Ботвина Людмила Рафаиловна, согласна на обработку персональных данных.

Ботвина Л.Р.
2019 г.



"18" ноября

Подпись Л.Р.Ботвиной заверяю,
ученый секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н.



Фомина Ольга Николаевна

