

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Мерсона Дмитрия Львовича на диссертационную работу Первейталова Олега Геннадьевича «Оценка усталостной долговечности низкотемпературных сосудов для хранения сжиженных углеводородных газов по результатам акустико-эмиссионных испытаний», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы Первейталова О.Г. определяется значимостью и злободневностью решения задачи по повышению надежности безопасной эксплуатации сосудов для низкотемпературного хранения сжиженных углеводородных газов. Увеличение количества сосудов давления для хранения и транспортировки газа, емкостей для хранения сжиженных углеводородных газов и СПГ, изотермических резервуаров, строительство новых танкеров для перевозки газа при низкотемпературном хранении, а также растущий износ действующих объектов транспорта и хранения сжиженных углеводородов выдвигает потребность в разработке методик физически обоснованной оценки остаточного ресурса и продления срока эксплуатации таких объектов.

В процессе эксплуатации сосудов для сжиженных газов нередко происходят аварии, которые приводят к значительным финансовым убыткам, при этом низкие температуры эксплуатации усугубляют склонность конструкционных материалов к разрушению. В первую очередь это проявляется в преобладании деструктивной составляющей – накоплении микротрещин и развитии макротрещин в ходе хрупкого разрушения.

Сосуды давления, трубопроводы и криогенные емкости работают в условиях периодического изменения рабочего давления, термических колебаний и наличия агрессивной среды. Наиболее широко используемым режимом работы с переменной нагрузкой является "двухсменный", включающий ежедневный цикл запуска и остановки. При таких условиях циклической нагрузки кратковременное увеличение напряжения, особенно в таких объектах как низкотемпературные сосуды для хранения газов, может привести к усталостному разрушению в течение небольшого числа циклов, особенно в элементах большого сечения.

Соответственно диссертационная работа Первейталова О.Г., целью которой являлось «обоснование метода оценки остаточного усталостного ресурса низкотемпературных сосудов, основанного на использовании информативных параметров потока сигналов акустической эмиссии, полученных в ходе плановых испытаний», безусловно, является **актуальным** исследованием.

Научная новизна работы заключается в (1) установлении зависимости между кинетическими акустико-эмиссионными показателями, полученными в ходе однократных плановых испытаний и структурным параметром уравнения долговечности, которую автором предложено использовать для оценки усталостного ресурса сосудов для хранения сжиженных углеводородных газов и (2) установлении зависимости между кинетическими

акустико-эмиссионными показателями, полученными в ходе однократных испытаний с различной скоростью деформации и степенью низкотемпературного и деформационного охрупчивания материала сосудов для хранения сжиженных углеводородных газов, а также предложен способ оценки температуры вязко-хрупкого перехода материала.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием стандартных методов испытаний, сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также физического компьютерного моделирования, сравнением с результатами, полученными в работах других авторов, применением методов статистической обработки экспериментальных исследований. Положения, выносимые на защиту, и общие выводы требуют корректировки.

Научные результаты, их ценность

Основной идеей работы Первейталова О.Г. является использование для оценки усталостного ресурса работы сосудов для низкотемпературного хранения газов информационно-кинетического подхода. При этом необходимую информацию о скорости деградиационных процессов в материале низкотемпературных сосудов в ходе циклического повышения давления предложено получать с помощью метода акустической эмиссии в ходе периодических гидравлических испытаний. Для этого в качестве получения ключевой информации выделяется этап разрушения в ходе статических испытаний, в ходе которого формируется сетка микротрещин, объединение которых приводит к образованию макродефектов. В данном случае первичным параметром выступают кумулятивные параметры АЭ, такие как суммарный счет АЭ, суммарная энергия и др. Кроме того, для исследования процесса низкотемпературного и деформационного охрупчивания использованы термоактивационные параметры, которые могут быть определены с помощью предложенной модели.

К числу наиболее важных результатов можно отнести следующие:

- показано, что структурно-чувствительный параметр γ связан с параметрами кривой усталости и позволяет проводить расчет числа циклов до разрушения в малоцикловой области для индивидуальной структуры материала конкретного объекта;
- предложена методика для расчета количества перепадов давления в сосудах для хранения сжиженных углеводородных газов при низкотемпературной эксплуатации;
- установлено, что параметры Y_{AE} и X_{AE} чувствительны к низкотемпературному охрупчиванию и истории нагружения, что выражается через интенсивность накопления микротрещин, как результат конкуренции процессов деформации и третинообразования.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и систем цитирования Scopus; получен 1 патент.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации заключается в:

- разработанном способе оценки усталостной долговечности реального низкотемпературного сосуда, исходными параметрами для которого являются полученные в ходе периодических испытаний значения угла наклона линейного участка на временной зависимости суммарного счета акустической эмиссии;
- обоснованной взаимосвязи деформационного охрупчивания и охрупчивания в ходе повышения скорости деформирования с акустико-эмиссионными показателями интенсивности микроповреждения;
- во внедрении разработанной методики в ООО «АктивТестГруп».

Замечания и вопросы по работе

К работе есть ряд замечаний:

- 1). Неудачная конструкция волновода, имеющая резкое изменение геометрии от стержня к пластине, из-за чего большинство поверхностных волн будет трансформироваться и многократно переотражаясь в пластине искажать форму сигналов акустической эмиссии;
- 2). Все эксперименты проведены на образцах, вырезанных из основного металла, тогда как очевидно, что наибольший потенциал к наличию дефектов и процессам деградации имеют сварные соединения, поэтому возникает вопрос насколько правомерно переносить результаты, полученные на основном металле, на сварные соединения?
- 3). В качестве базового параметра для основных расчетов и выводов использован параметр суммарного счета акустической эмиссии (АЭ), который, как известно, в значительной мере зависит от коэффициента усиления аппаратуры, типа датчика АЭ и уровня дискриминации, причем нелинейным образом. Каким образом это учитывается в разработанных методиках?
- 4). В АЭ-экспериментах диссертант априори считал, что все зарегистрированные сигналы связаны с реально протекающими в образцах процессами, при этом никаких структурных исследований автором не проводилось, а выводы основаны исключительно на литературных данных. В связи с этим не понятно какой вклад в результаты экспериментов вносили собственные шумы лабораторных установок?
- 5). В реальных условиях испытания оборудования каждый датчик контролирует несколько квадратных метров площади поверхности, на разных точках которого материал может находиться (и практически всегда находится) на различном уровне поврежденности, соответственно, датчики АЭ одновременно регистрируют сигналы от микро- и макродефектов, находящихся на разной стадии развития. Более того, в силу естественного затухания (примерно 10 дБ на метр) датчики от абсолютно одинаковых источников будут регистрировать сигналы по-разному на каждом канале регистрации АЭ. Как это все можно учесть в разработанных методиках при реальном многоканальном применении метода АЭ?
- 6). В процессе эксплуатации деградация материала может происходить не только от температурно-силовых факторов, но и от взаимодействия стенок сосудов со средой хранения, например, в результате проникновения водорода в металл, как это можно учитывать на практике?
- 7). Вся экспериментальная часть работы построена на обработке сигналов АЭ, регистрируемых при статических испытаниях в области перехода упругих деформация в

- пластические, т.е. на уровне напряжений, близких к пределу текучести, тогда как испытательный уровень давления не может превышать 1,25 от рабочего, который в свою очередь, как минимум в два раза ниже уровня предела текучести. Соответственно, при испытательном давлении никакие массовые процессы, проходящие на различном масштабном уровне, протекать не могут, а инициироваться могут исключительно дефекты типа магистральных трещин, у которых на кончике трещины – концентраторе напряжений – возникают повышенные напряжения. Как это учитывается в разрабатываемых методиках?
- 8). Чем предложенный способ оценки температуры вязко-хрупкого перехода по точке перелома зависимости X_{AE} от скорости деформирования образцов лучше стандартного способа по сериальным испытаниям образцов на ударную вязкость, ведь последний намного проще и давно уже доказал свою надежную работоспособность?
- 9). Практические примеры реализации разработанных методик, представленные в главе 5, выполнены на объектах с макродефектами, которые хорошо диагностируются более простыми ранее разработанными методиками АЭ-контроля, например, МР-204, МР-240, ПБ 03-593-03. Тогда в чем преимущество разработанных?
- 10). В чем новизна первого вывода из Заключение, разве это раньше не было известно.

Указанные замечания не умаляют достоинств диссертационной работы, а ее результаты на данном уровне разработки могут быть полезны при проведении работ, направленных на повышение работоспособности материалов в условиях циклически действующих нагрузок при низких температурах.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Аннотация диссертации полноценно отражает структуру, содержание и основные результаты, представленные в диссертационной работе, которая соответствует пункту 4: «Методы и средства информационных технологий, моделирования, мониторинга, прогнозирования, интеллектуального инжиниринга и управления, автоматизации и роботизации, стандартизации и цифровизации технологических процессов проектирования, сооружения, эксплуатации, диагностики, ремонта сухопутных и морских систем трубопроводного транспорта для добычи, сбора, подготовки, транспортировки и хранения углеводородов, распределения, газоснабжения и нефтепродуктообеспечения, а также других газовых, жидкостных и многофазных сред, гидро- и пневмоконтейнерного транспорта с целью повышения эффективности, надежности и безопасности использования отраслевого потенциала и ресурса трубопроводных конструкций» научной специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

Заключение по диссертации

Диссертационная работа «Оценка усталостной долговечности низкотемпературных сосудов для хранения сжиженных углеводородных газов по результатам акустико-эмиссионных испытаний», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор Первейталов Олег Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент:

Директор Научно-исследовательского
института прогрессивных технологий,
профессор кафедры «Сварка, обработка
материалов давлением и родственные
процессы» федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Тольяттинский
государственный университет»
доктор физико-математических наук,
специальность 01.04.07 – физика
конденсированного состояния,
профессор



Мерсон Дмитрий Львович

Тел. 8(8482)449-303

E-mail: d.merson@tltsu.ru

445020, Самарская область, г. Тольятти,

Улица Белорусская, 14.

«___» _____ 2025 г.

Согласен на обработку персональных данных

Подпись Д.Л. Мерсона заверяю

