

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Зеленского Николая Алексеевича «Обоснование метода неразрушающего контроля прочности элементов конструкций глубоководных сооружений на основе использования явления акустической эмиссии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Актуальность темы

Прочность-основное свойство глубоководных сооружений, подвергнутых сжимающим нагрузкам, а контроль прочности является одной из основных задач, стоящих перед современной наукой и техникой. Проведение своевременного контроля и диагностики состояния технического объекта, прогнозирование его работоспособности позволяет вовремя вывести дефектный объект из эксплуатации и, таким образом, избежать его внезапного отказа, приводящего к существенному ущербу и человеческим жертвам. Особенно остро проблема контроля прочности касается сложных неоднородных объектов ответственного назначения, к которым относятся глубоководные сооружения. Однако применяемые в настоящий момент методики контроля прочности, в том числе и основанные на использовании явления акустической эмиссии, не достаточно физически обоснованы, что снижает точность контроля и эффективность диагностирования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

В работе поставлена задача разработки метода контроля прочности на основе прогнозирования механического разрушения. Методологической основой работы является микромеханическая модель временных зависи-

*№ 291-10
от 12.09.2014*

мостей параметров акустической эмиссии, построенной на положениях кинетической теории прочности и микромеханики разрушения твёрдых тел, по поводу применения которых отметим следующее.

1. Базой для обоих фундаментальных положений является термофлуктуационная теория прочности и формула Журкова С.Н., однако кинетика разрушения при одновременном воздействии механического поля и других факторов, влияющих на процесс разрушения исследована пока очень слабо. Особенно важным является влияние окружающей среды, особенно агрессивных сред. Практически все конструктивные материалы старятся даже без воздействия механического поля. Это старение резко ускоряется, когда материалы находятся в механическом поле. Кроме термических флуктуаций и разрывов сплошности под их воздействием протекают различные процессы, в частности электрохимические, которые резко изменяют поверхность содействия с агрессивной средой. В принципе эти процессы являются также термоактивационными в ряде случаев, но попытки описать эти усложненные условия разрушения к настоящему времени не привели к большим успехам. И это одна из важных научных проблем в настоящее время. Кроме научной важности эта проблема имеет огромную практическую значимость. Прежде всего, это связано с нефтедобычей и нефтеперерабатывающей промышленностью, газовой промышленностью, в работе конструкций в морской среде, выходу из строя в результате коррозии подводных, надводных судов и т.д. Следует также отметить, что имеется много достаточно хрупких конструктивных материалов, на которых формула Журкова не выполняется, выявление причин чего также является важной научной и практической задачей. Тем не менее, в целом мы полагаем, что сам принцип участия тепловых флуктуаций в процессе разрушения в самых различных случаях имеет место. И в будущем возможность описания процессов разрушения с единой позиции будет одним из наиболее интересных и их направлений.

2. Следует также остановиться на используемом микромеханическом аспекте разрушения твердых тел. Пока что микромеханика разрушения в физике твердых тел наиболее успешно была развита только для полимерных материалов. Отдельные ее элементы были подтверждены для некоторых других материалов, таких как металлы и горные породы. Тем не менее, в настоящее время имеется огромный спектр различных материалов особенно новых конструкционных, в том числе композиционных материалов. В физике твердого тела к настоящему времени еще не получено достаточного количества экспериментальных данных по накоплению и развитию микродефектов в них для того, чтобы основные положения микромеханики разрушения распространять и на эти материалы. Безусловно, структура материала и их физико-механические свойства, диапазон температурных условий эксплуатации приносят специфику в процесс разрушения. Это огромное поле научной и практической работы в будущем. Тем не менее, мы надеемся, что основные постулаты микромеханики разрушения и в частности двухстадийной модели разрушения окажутся применимыми и для более широкого круга материалов, что подтверждают результаты данной работы.

3. Относительно прогнозирования макроскопического разрушения. Это направление в физике твердого тела является наиболее молодым из отмеченных. Оно появилось как естественное следствие в развитии первых двух направлений. И в принципе не могло быть без развития кинетического направления о науке прочности. И это прежде всего связано с кинетической концепцией прочности твердых тел, предложенной С. Н. Журковым, и развитой его школой. Согласно уравнению Журкова долговечность нагруженного тела или время до его разделения на части можно рассчитать, если известны входящие в уравнение параметры. Впервые в выражениях для прочности появилось время, причем введено оно не произвольно, а как фундаментальный физический параметр. На ряде работающих объектов

успешно проведена и диагностика их работоспособности, и, тем не менее, решение этой проблемы в будущем. Разработка таких обоснований представляет актуальную задачу, чему и посвящена данная работа.

Тем не менее мы понимаем, что решить сложные задачи, которые ставит практика, нельзя без смелых гипотез и допущений, каковой является используемая микромеханическая модель временных зависимостей параметров акустической эмиссии. Сформулированные с её позиции научные положения по отношению к существующим методам контроля прочности выглядят в достаточной степени обоснованными. Опираясь на результаты решения актуальной проблемы адекватного информативного моделирования процесса разрушения и оценки параметров микромеханической модели разрушения, базирующейся на положениях кинетической теории прочности, микромеханике разрушения твёрдых тел и подобии временных зависимостей роста концентрации микротрещин в материале и параметров акустической эмиссии в условиях прочностной и метрологической неоднородности, в качестве обоснований метода неразрушающего контроля прочности элементов конструкций глубоководных сооружений в работе приводится модель прочностной неоднородности, связанной с неоднородностью структуры и поля механических напряжений, проведено имитационное компьютерное моделирование процесса разрушения и сопоставление его с результатами регистрации сигналов акустической эмиссии образцов сварных кольцевых элементов прочного корпуса, количественно оценена степень прочностной неоднородности, сформулированы принципы контроля прочности элементов конструкций глубоководных аппаратов.

Достоверность и новизна научных положений.

Адекватность построенной модели подтверждается сопоставлением результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными по регистрации сигналов акустической эмиссии при нагружении образцов

сварных соединений, представляющий собой аналог элементов сварного корпуса глубоководного аппарата. Разработана методика определения неразрушающим путём связанного с прочностью и ресурсом элементов прочного корпуса диагностического параметра, представляющие собой несомненную научную новизну и практический интерес. Получен патент на способ оценки прочности элементов сварного корпуса подводного аппарата, использование которого позволит снизить трудоёмкость и значительно повысить точность определения ресурса глубоководных сооружений, что дополнительно подтверждает практическую ценность. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований, материалы диссертации достаточно полно изложены в печатных работах, рассмотрены на семинаре лаборатории физики прочности ФТИ им. А.Ф.Иоффе. Основные результаты диссертации опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 7 в изданиях, рекомендуемых ВАК. После опубликования автореферата вышла ещё одна - 21-я статья в журнале Вестник МЭИ, 2017, №3 «Методика неразрушающего акустико-эмиссионного контроля прочности сварных соединений» авторов В.В. Носов, А.Р. Ямилова, Н.А. Зеленский, И.В. Матвиенко. Результаты неоднократно обсуждались на различных конференциях и симпозиумах и получили одобрение ведущих специалистов.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Построение, определение параметров модели накопления повреждений в материале и излучения сигналов акустической эмиссии в условиях сжимающего нагружения с целью оценки степени опасности дефектов является значительным шагом в развитии метода акустической эмиссии и методов контроля прочности. Использование основанной на полученной модели методики определения ресурса и допустимой глубины погружения

глубоководных сооружений способствует повышению надежности и безопасности их эксплуатации.

Общие замечания по диссертационной работе

1. В работе следовало бы более подробно привести обзор различных моделей накопления повреждений и принципов АЭ прогнозирования разрушения.

2. В формуле (2.7) на стр. 69 диссертации отсутствует параметр скорости роста нагрузки при нагружении, хотя в пояснении к формуле он есть.

3. В тексте диссертации встречается два различных обозначения для нижнего значения параметра ω прочностного состояния структурного элемента- ω_0 рис. 2.10 стр. 61 и μ –стр. 58, ур. (2.2), а также для функции плотности распределения этого параметра(ψ и Ψ). Данная смена обозначения ничем не оправдана.

4. Не разъяснён физический смысл соотношения σ_3/μ , используемого для оценки степени неоднородности прочностного состояния испытанных образцов.

Заключение

В целом, несмотря на отмеченные замечания, диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне на актуальную тему, связанную с разработкой, теоретическим и экспериментальным обоснованием и практическим внедрением методики прогнозирования работоспособности критически нагруженных объектов машиностроения.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе экспериментальных данных, примеров и расчетов. Она написана грамотно и аккуратно оформлена.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и

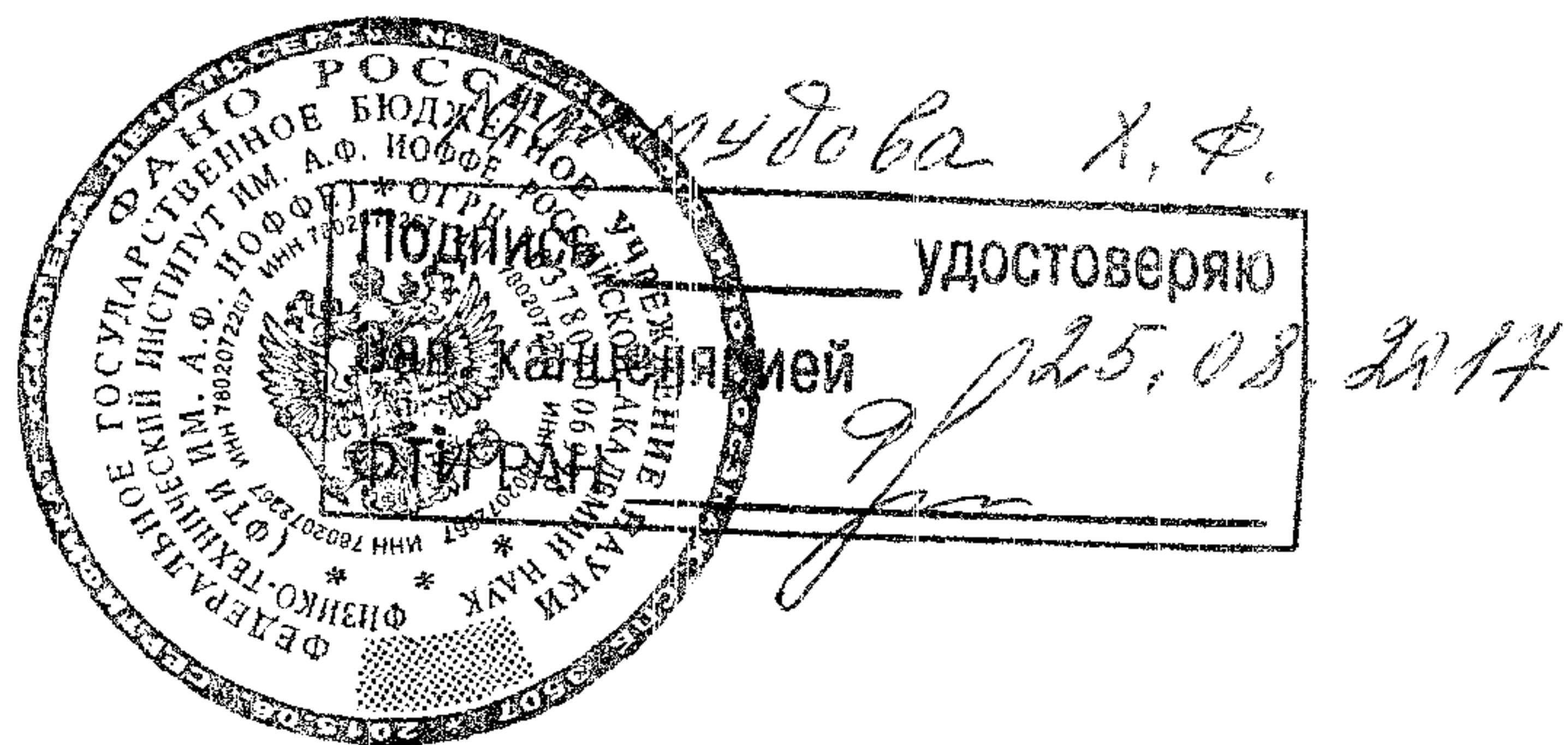
практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, а ее автор - Зеленский Николай Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук, ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, лаборатория физики прочности, старший научный сотрудник.



Х. Ф. Махмудов



Хайрулло Файзуллаевич Махмудов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, 194021

Телефон: (812) 297-2245

Электронная почта: post@mail.ioffe.ru