

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию **САИТОВОЙ Регины Ринатовны** «Высокотемпературная ползучесть и охрупчивание материалов в условиях длительной эксплуатации», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности 1.1.8. – Механика деформируемого твердого тела

В работе рассматривается проблема высокотемпературной ползучести и длительной прочности металлических материалов. Данная проблема актуальна в элементах многих важных инженерных объектов таких, как тепловые и атомные энергетические установки, авиационные и космические аппараты и др. При эксплуатации данные инженерные объекты подвергаются воздействию высоких температур и относительно небольших напряжений. В таких условиях эксплуатации металлические сплавы и чистые металлы теряют пластичность и разрушаются хрупко при величине деформации порядка 1-2 % (эффект тепловой хрупкости).

В механике материалов для описания хрупких разрушений разрабатываются уравнения, в которых процессы деформирования и разрушения описываются с помощью различных параметров поврежденности. Основоположниками такого подхода являются Л.М. Качанов и Ю.Н. Работнов. Были предложены различные варианты материализации данного параметра непосредственно в физических измерениях. В научной литературе имеются многочисленные экспериментальные исследования по изменению пористости и плотности различных металлов и сплавов вследствие образования и развития микропор и микротрещин в условиях высокотемпературной ползучести. Результаты этих исследований позволяют рассматривать плотность в качестве интегральной меры накопления структурных микродефектов.

Параметр поврежденности задается как отношение текущей величины плотности к начальной. С учетом этого параметра и закона сохранения массы рассматривается модифицированная система взаимосвязанных кинетических уравнений для деформации ползучести и параметра поврежденности Р.А. Арутюняна. Аналитическое решение рассматриваемой системы уравнений в общем виде не представляется возможным. В связи с этим Саитовой Р.Р. были рассмотрены некоторые приближенные решения этой системы. Для случая чисто хрупкого разрушения и малых деформаций получены аналитические решения предложенных уравнений и сформулирован критерий длительной прочности. Получено хорошее соответствие теоретических кривых с соответствующими экспериментальными результатами. Показано, что предложенная система уравнений способна описать третий участок кривых ползучести. Также показано, что критерий Качанова-Работнова является частным случаем полученного критерия.

Саитовой Р.Р. проведены экспериментальные исследования ползучести сплава АМг 2 для случая двухступенчатого нагружения. Также получены аналитические решения предложенной системы кинетических уравнений для случая двухступенчатого нагружения. Наблюдается хорошее согласие экспериментальных и теоретических кривых ползучести.

Учитывается сжимаемость металлических материалов, а относительное изменение плотности рассматривается как параметр сплошности. Предложено определять изменения параметра сплошности по экспериментальным кривым высокотемпературной ползучести. При этом формулируется только одно кинетическое уравнение для скорости ползучести. Параметр сплошности определяется из этого кинетического уравнения через скорость ползучести и деформацию ползучести. Для описания экспериментальных кривых ползучести используются различные эмпирические зависимости в виде смешанных степенных и

экспоненциальных функций. Построены теоретические кривые сплошности. Критерий длительной прочности получен при условии, когда параметр сплошности достигает критической величины. Наблюдается неплохое соответствие теоретических кривых с соответствующими экспериментальными результатами.

Саитова Р.Р. продемонстрировала хорошие знания в области сопротивления материалов, механики деформируемого твердого тела, хорошую математическую подготовку и способность к самостоятельной работе. Она полностью справилась с поставленными задачами и показала себя как очень способный и трудолюбивый специалист.

Важным квалификационным результатом является то, что по итогам исследования автор опубликовала несколько работ в международных изданиях, индексируемых в Web of Science и/или Scopus (4 статьи). К числу достижений Саитовой Р.Р. следует отнести ее эффективное и плодотворное участие в командных грантах РФФИ, РНФ, а также в международных программах обмена. Ее успешное участие в международных программах было положительно отмечено иностранными коллегами.

Считаю, что выполненная диссертация является серьезной работой, имеющей как академическую, так и практическую ценность. Работа имеет законченный характер и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Саитова Регина Ринатовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности 1.1.8. – Механика деформируемого твердого тела.

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
кафедры теории упругости
Санкт-Петербургского государственного университета

А.Р. Арутюнян

Личную подпись
заверяю
Заместитель начальника
Управления кадров О.С. Суворова

Арутюнян А.Р.

л.у.ф. 04.04.2023

