

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН  
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ  
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА  
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»  
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»  
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА  
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА  
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

# **ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Сборник тезисов  
XIV Международной конференции «НЕМs-2018»  
3–5 сентября 2018 года  
(г. Томск, Россия)

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2018

## ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬ / СТАЛЬ

Потекаев А.И.<sup>1</sup>, Устинов А.М.<sup>2</sup>, Клопотов А.А.<sup>1,2</sup>, Абзаев Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

<sup>2</sup> *Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск*

*E-mail: e-mail:artemustinov@bk.ru*

После длительной эксплуатации или после экстремальных силовых воздействий на технические устройства, здания и сооружения необходимо провести оценку по продлению остаточного ресурса элементов в этих технических устройствах, зданиях и сооружениях. Для этого проводят исследования неразрушающими методами с целью получить следующую информацию [1]:

1. Базовые характеристики механических свойств (предел текучести и условный предел текучести, предел прочности, относительное сужение в шейке, сопротивление разрыву в шейке).

2. Характеристики напряженно-деформированного состояния (толщины стенок в наиболее опасных сечениях, теоретические коэффициенты концентрации напряжений, зоны и величины максимальных и минимальных напряжений и деформаций, зоны и величины максимальных и минимальных температур, времена циклов нагружения и т.д.).

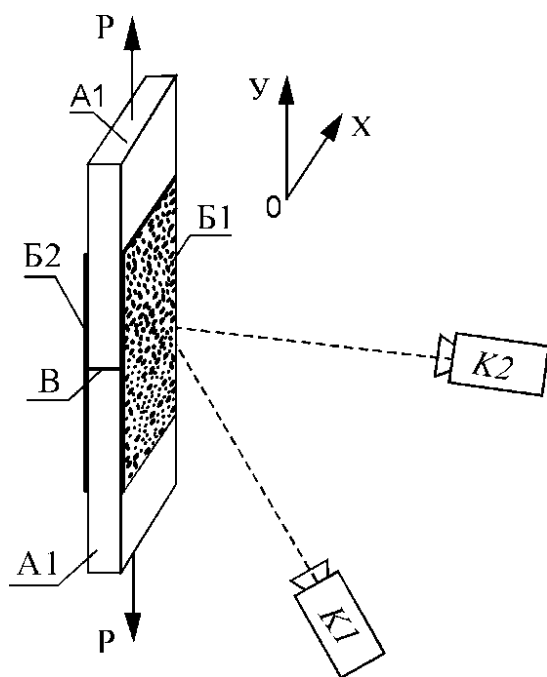
3. Характеристики состояния дефектов-трещин (их глубина, длина, место расположения и ориентация).

После того, как получена необходимая информация проводятся расчеты по определению характеристик прочности, надежности и долговечности технических устройств, зданий и сооружений. Следующий этап состоит в том, чтобы разработать мероприятия и осуществить их решения с целью продления срока эксплуатации технических устройств.

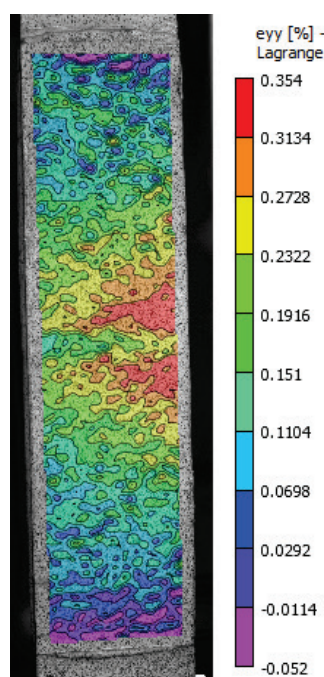
В настоящее время для решения этих задач широкое практическое применение находят методы усиления конструкций при помощи внешних армирующих элементов. Этот метод основан на усилении элементов стальных конструкций при помощи наклейки на ответственные участки углепластиковые ткани [2].

В настоящее время при изучении особенностей деформационного воздействия на клеевые соединения сталь/сталь, соединенных при помощи накладок из углепластиковых композитов, является метод, в основе которого лежит трехмерная цифровая оптическая система Vis-3D. Этот метод позволяет получить информацию *in situ* во времени по оценке распределений локальных областей деформаций в приповерхностных слоях углепластиковых композитов клеевого соединения сталь/углеволокно [2].

Цель данной работы – провести экспериментальные исследования *in situ* эволюции во времени при поверхностных деформаций при растяжении образца клеевого соединения сталь/углеволокно с организованной трещиной.



**Рис. 1.** Схема регистрации изображений со спекл-картины на поверхности накладки из углепластика, наклеенного на боковую поверхность двух стальных пластин. А1 и А2 – стальные пластины; Б1 и Б2 –накладки из углепластика; К1 и К2– цифровые камеры; Р – прикладываемая нагрузка



**Рис. 2.** Картины распределений вертикальных относительных деформаций на боковой поверхности углепластика, наклеенного на две стальные пластины. Деформация образца  $\varepsilon = 0,18\%$

Детальный анализ распределения пространственных структурных элементов при исследовании деформационных полей на поверхности углепластиковой пластины позволил выявить их разный характер распределения в центральной области образца и в области стыка стальных пластин (рис. 2).

Таким образом, проведенные исследования поведения сложной системы под нагрузкой, составленной не только из разнородных материалов, но и имеющей внесенный дефект (трещину) позволяют выявить эволюцию во времени в ходе нагружения деформационных полей на поверхности углепластиковой пластины. Необходимо отметить, что в исследуемых образцах существуют границы потери устойчивости в локально слабоустойчивом состоянии, что сопряжено как с неоднородностью деформации, так и существенным изменением поведения системы при приближении к границе потери устойчивости (локализация деформации, появление ее волнообразности и т.п.).

### Литература

1. Смирнов А. Н. Проблемы оценки остаточного ресурса технических устройств опасных производственных объектов. В книге: Структура. Напряжения. Диагностика. Ресурс. 2017. Кемерово: КузГТУ. С. 8–15.
2. Федоров В.С., Копаница Д.Г., Клопотов А.А., Абзаев Ю.А., Устинов А.М., Данильсон А.И., Кошко Б.О. Экспериментальные исследования упруго-пластической деформации клеевых соединений методом корреляции цифровых изображений. Вестник ТГАСУ. №2, 2017 с.79–97.