

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ БУТСТРЕП КАК СРЕДСТВО ОЦЕНКИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ.

Ирина В. Гадолина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Россия 101000 Москва Малый Харитоньев-ский 4

Метод корреляции цифровых изображений давно нашел свое место в инструментарии исследования деформаций в металлах и композитах благодаря большей точности измерений и высокому уровню автоматизации. Многочисленные литературные ссылки свидетельствуют о его популярности. Он работает по обработке изображений как в 2д, так и в 3 д. Несмотря на обилие публикаций, нам не удалось найти материалов по исследованию вариабельности метода, а ведь как во всяком статистическом инструменте точечная оценка не является до-статочной – нужна оценка точности, доверительные интервалы. В данной статье мы постарались восполнить этот пробел. Для оценки вариабельности измерений деформаций предложено использовать статистический бутстреп, почти универсальный метод для оценки дисперсии. Бутстрепу требуется обработка огромных массивов смоделированных данных, но при современных возможностях вычислительных машин это не является препятствием для его применения. Бутстреп моделирует по специальным правилам бутстреп-выборки спеклов - хаотически нанесенных с целью измерений точек на поверхности образца, соответствующих деформированному состоянию образца. Каждая бутстреп-выборка уникальна и вместе они позволяют судить об изменчивости. При этом они моделируются на основе исходной выборки и обладают ее особенностями. Описан метод моделирования и обработки результатов

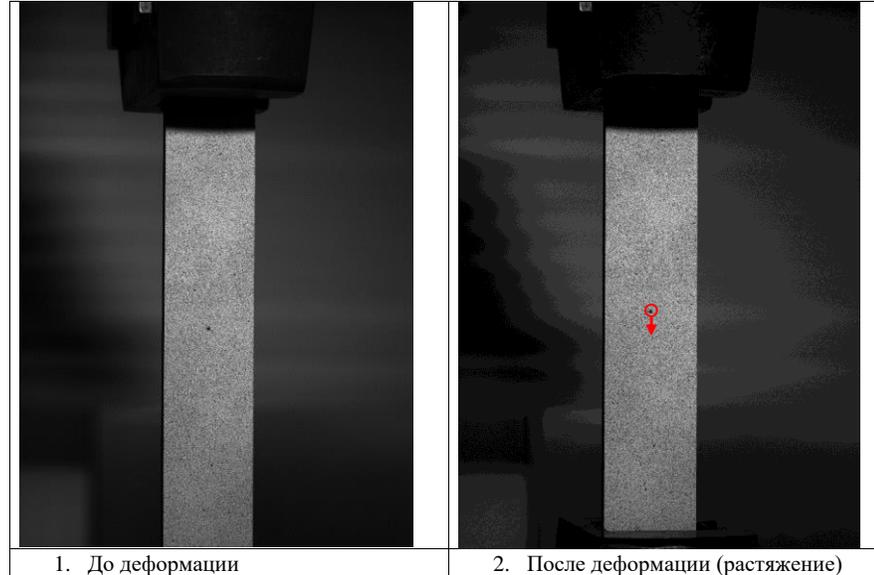


Рис.1. Пример спекл-структуры; 1 – до деформации; 2 – после деформации. Стрелка показывает перемещение объекта. С помощью видеокамер изображения фиксируются до приложения, и в последующем, по приложению нагрузки (может фиксироваться в динамике, вплоть до разрушения образца). Пример компьютерной обработки метода DIC на композитном образце показан на рис.2.

$$C_N = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k \left[ \frac{F(\vartheta_i, \mu_j) F_D(\vartheta_i, \mu_j)}{(\bar{F})(\bar{F}_D)} \right], \quad (1)$$

$$\Gamma_{\text{де}} \bar{F} = \sqrt{\sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k [F(\vartheta_i, \mu_j)]^2}, \quad \bar{F}_D = \sqrt{\sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k [\bar{F}_D(\vartheta_i, \mu_j)]^2},$$

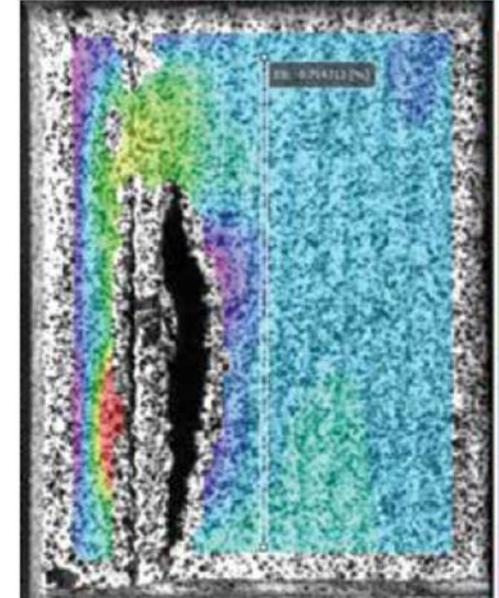


Рис.2. Компьютерная обработка DIC малогабаритного композитного образца на стадии раз-рушения.

Рассмотрены основные инструменты измерения деформаций. Для метода корреляции и отслеживания цифровых изображений с применением статистического бутстрепа разработан метод, позволяющий оценить рассеяние оценки смещения. Метод может оказаться полезным при исследовании точности определения деформаций.