

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/76

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕЗОСКОПИЧЕСКОГО СТРУКТУРНОГО
УРОВНЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЛИННОГО СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ. МЕТОД
КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

¹Пляскин А.С., ^{1,2}Клопотов А.А., ²Потекаев А.И.,
¹Кошко Б.О., ¹Волокитин О.Г., ¹Власов Ю.А.

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия
²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Для практики важной является задача по определению закритической деформации сжатых стержней. Кроме того, эта проблема имеет и фундаментальное значение, поскольку позволяет установить случаи неприменимости линейных уравнений и уточнить критерий устойчивости [1]. При деформации длинных стержней важным параметром является первая

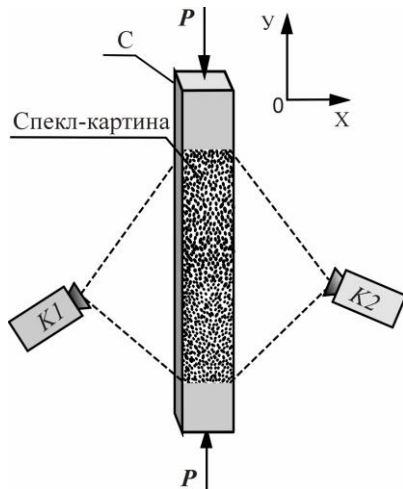


Рис. 1. Схема регистрации изображений со спекл-картины на стальном стержне. С – стальной стержень; K1 и K2 – цифровые камеры; P – прикладываемая нагрузка

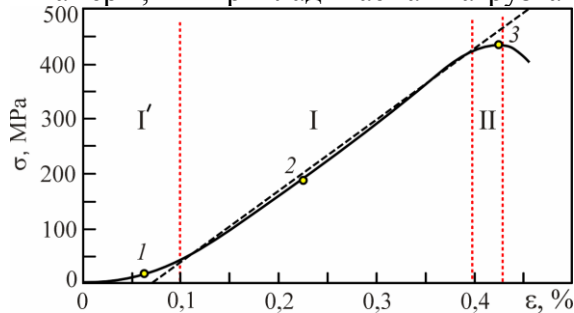


Рис. 2. Диаграммы деформирования при сжатии длинного стального стержня.

Цифры 1, 2, 3 возле точек на деформационной кривой соответствуют картинам распределений деформационных полей на рис. 3

Цель данной работы – исследовать *in situ* эволюцию на мезо- и макромасштабном уровнях эволюцию полей деформаций прямоугольных стальных стержней с соотношением сторон 16,7×1×1.

В качестве материала исследования использовали сталь 40Х. Испытание образцов на сжатие проводили при помощи гидравлического пресса UTM-4500 (рис. 1). Определение эволюции распределения относительных и абсолютных деформаций использовалась стереоскопическая измерительная система VIC-3D[2]. Для этого на поверхности испытуемых образцов создавалась спекл-поверхность в виде хаотически распределенных черных точек на

критическая сила и предполагается, что для сжатого стержня она является предельной. При малых значениях силы P ось стержня остается прямой и в стержне возникают напряжения сжатия σ . При увеличении силы P происходит достижение критического значения и вместо прямолинейной формы равновесия должна иметь место другая, искривленная форма. Под критической силой понимают силу, при которой прямолинейная форма равновесия стержня перестает быть устойчивой. В предположении, что продольный изгиб происходит в плоскости наименьшей жесткости стержня расчет критической силы $P_{кр}$ можно проводить по формуле Эйлера [1]:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2},$$

где E – модуль Юнга материала, l – длина стержня I_{\min} – минимальный момент инерции сечения.

Применение современных методов, использующих визуализацию эволюции деформационных полей в процессе нагружения позволяет на макро- и мезоуровнях получить информацию об особенностях протекания деформационных процессов в длинных стальных стержнях.

Микро- и мезоструктурная неоднородности, которые образуются при деформации твердых тел приводят к нарушению их идеальной кристаллической структуры и как следствие находят отражение в распределении деформационных полей на поверхности.

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

белой поверхности. Регистрация эволюций изображений спекл-поверхностей с помощью двух камер и использования программы VicSnap позволило определять поля смещений локальных участков поверхности вдоль оси OX – «поперечная деформация», вдоль оси OY – «продольная деформация» (рис. 1) [2].

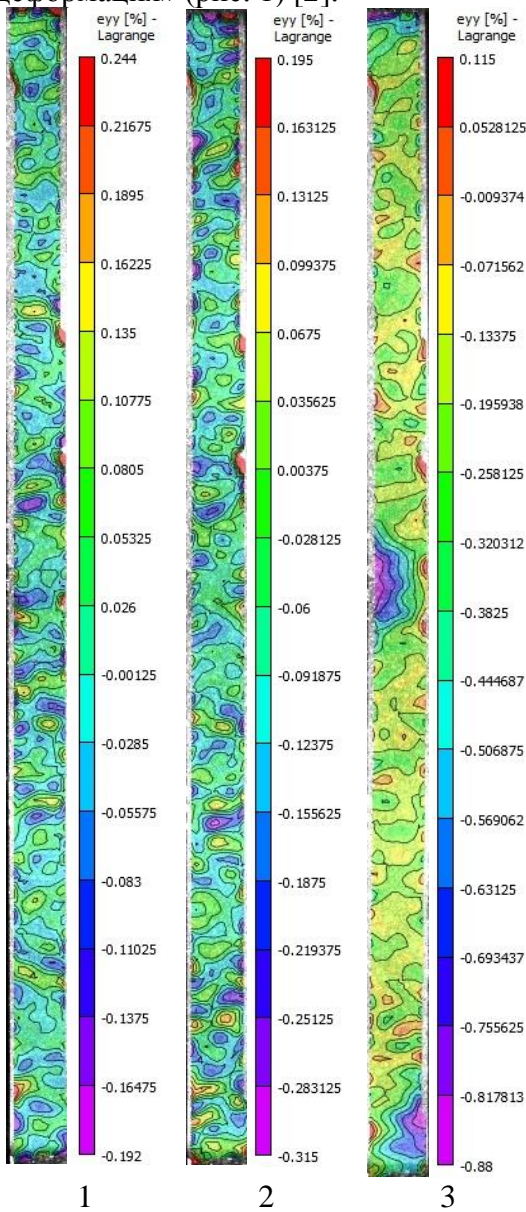


Рис. 3. Картины распределений вертикальных относительных деформаций на поверхности стального стержня. Цифры 1, 2, 3 показывают на диаграмме на рис. 2 соответствующие деформационно-напряженные состояния образца

значения 0,88%. Преобладание очагов пластической деформации с отрицательными значениями деформации на этой стадии отражает то, что прямолинейная форма равновесия стержня перестает быть устойчивой и произошло искривление стержня.

На рис. 2 приведена диаграмма деформирования $\sigma=f(\epsilon)$ при сжатии длинного стального стержня. На функциональной зависимости $\sigma=f(\epsilon)$ можно выделить три стадии. Стадия I' отражает на начальном этапе эксперимента процесс аккомодации пластин испытательной машины с торцами образца. Следующая стадия (стадия I) соответствует непосредственно деформации длинного стального стержня. Появление стадии II обусловлено потерей устойчивости длинного стержня при сжатии.

Применение системы VIC-3D позволило получить картины, детально отражающие эволюцию распределения изополей относительных деформаций на поверхности стальных стержней и разный характер распределений деформационных полей на разных стадиях (рис. 3).

На стадии I' на концах образца на картине распределений деформационных полей (рис. 3, картина 1) видны очаги локальной деформации с высокими положительными значениями деформации ($\epsilon \approx 0,24\%$), которые значительно выше средней деформации по образцу (рис. 1, точка 1). Причем области сжатия и расширения чередуются и хаотически распределены по образцу.

На стадии I на картине распределений деформационных полей (рис. 3, картина 2) продолжается хаотическое чередование очагов пластической деформации сжатия и расширения, которое имело место на стадии I'. Однако плотность локальных очагов сжатия и расширения пластической деформаций в области торцов стержня выше, чем по образцу.

При переходе в область стадии II на картинах распределений деформационных полей (рис. 3, картина 3) наблюдается образование более крупных очагов пластической деформации. Причем в основном эти области имеют отрицательное значение. Кроме того, в центральной части образца образовалась значительная по размерам область с отрицательными высокими значениями. В эпицентре этого очага деформация достигает

1. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М: Наука. 1967. 984 с.

2. Федоров В.С., Копаница Д.Г., Клопотов А.А. и др. Экспериментальные исследования упруго-пластической деформации клеевых соединений методом корреляции цифровых изображений. Вестник ТГАСУ. №2, 2017. 79-97.