

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

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

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/84

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В КРУГЛОМ СТАЛЬНОМ  
СТЕРЖНЕ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ  
КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ  
КОЛЕБАНИЙ

<sup>1</sup>Пляскин А.С., <sup>2</sup>Потекаев А.И., <sup>1,2</sup>Клопотов А.А., <sup>1</sup>Кошко Б.О

<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

<sup>2</sup>НИИ Томский государственный университет, Томск, Россия

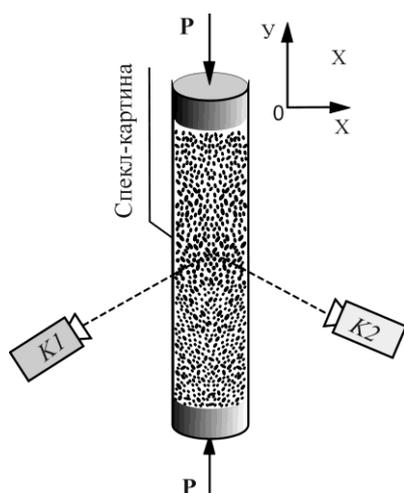


Рис. 1. Схема регистрации изображений со спекл-картины на стальном стержне: С – стальной стержень; K1 и K2 – цифровые камеры; Р – прикладываемая нагрузка

Понимание того, какие проблемы необходимо решать при проектировании инженерных конструкций и технических устройств с учетом их собственных колебаний представлены в многочисленных работах [1]. При этом важными становятся данные об изменении собственных частот колебаний в нелинейных деформируемых системах. В настоящее время с развитием аппаратной базы и вычислительных методик существенно расширяются возможности по поиску носителей деформаций на мезо- и макромасштабных уровнях при деформации элементов конструкций и как смена носителей деформации отражается на частоте собственных колебаний в процессе нагружения.

Цель данной работы на мезо- и макромасштабном уровнях исследовать *in situ* методом корреляции цифровых изображений эволюцию полей деформаций стальных стержней и как она коррелирует с изменением их собственных частот колебаний в процессе нагружения.

Эксперимент проводили на двух видах образцов, изготовленных из стали Ст3сп. Первый вид образцов представлял собой стержни цилиндрической формы диаметром 30 мм и длиной 150 мм. Второй – цельнометаллический формой «гантели» с центральной частью стержня диаметром 30 мм и длиной 150 мм, по обеим концам стержня для имитации жесткой заделки располагались полнотельные цилиндры диаметром 90 мм и длиной 50 мм.

Нагрузка на образцы создавалась поэтапно с шагом 20 кН при помощи гидравлического пресса UTM-4500 с выдержкой 30-40 секунд после каждого этапа нагружения. Далее производилось ударное воздействие для возбуждения собственных колебаний с дальнейшей фиксацией частот бесконтактным виброметром RSV-150 на уровне середины высоты образца.

Для определения эволюции распределения относительных и абсолютных деформаций использовалась стереоскопическая измерительная система VIC-3D [2,3]. На поверхность испытуемых образцов наносилась спекл-поверхность в виде хаотически распределенных черных точек на белой поверхности. Определены поля перемещений смещений локальных участков поверхности вдоль оси OX – «поперечная деформация», вдоль оси OY - «продольная деформация». В процессе испытания при помощи программы VicSnap провели синхронную запись изображений с двух камер (рис. 1), которые затем обрабатываются программой Vic-3D. В результате были вычислены для каждой анализируемой точки геометрические параметры поверхности (координаты X и Y). Были определены относительные деформации ( $\epsilon_{xx}$  – по оси X и  $\epsilon_{yy}$  – по оси Y) в локальных местах на поверхности исследуемого образца.

Измерительная система VIC-3D позволила получить картины, детально отражающие эволюцию распределения изополей относительных деформаций на поверхности стальных стержней при различных нагрузках (рис. 2).

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

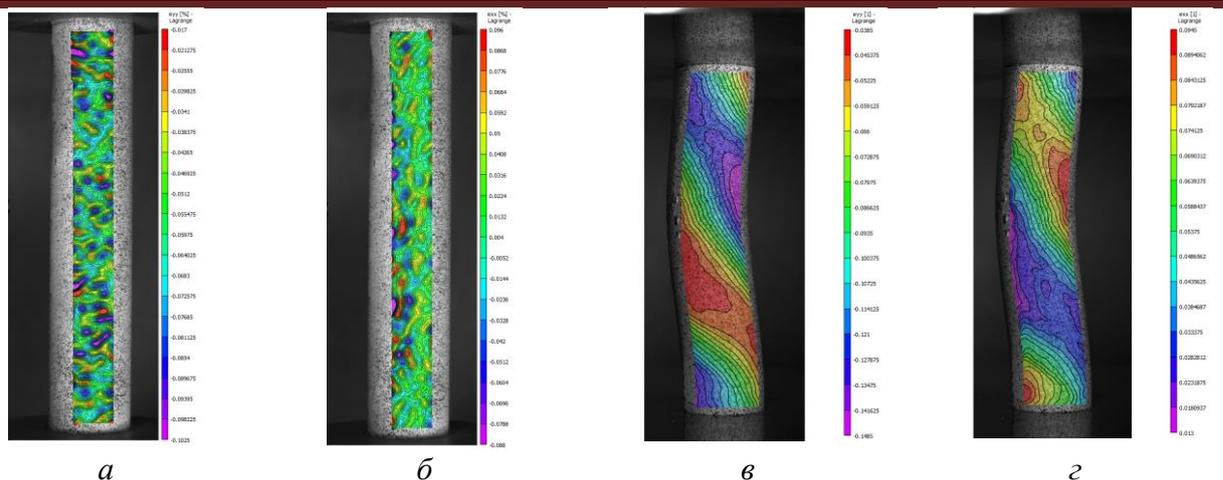


Рис. 2. Картины распределения относительных деформаций при  $P=221,8$  МПа в конце упругой стадии и при  $P=440$  МПа : *а* и *в* – продольная деформация; *б*, *г* – поперечная деформация

Установлено, что на поверхности стальных стержней при деформации в конце в области упругой стадии очаги пластической деформации хаотически распределены по поверхности образца (рис. 2, *а*, *б*). При значительной пластической деформации характер распределения деформационных полей меняется.

Одновременно при исследовании распределений деформационных полей на поверхности стальных стержней были определены частотные параметры образцов в процессе нагружения в виде велосигмм и спектров мощностей колебаний. На рис. 3 приведены велосигмм полученные от образцов с имитацией заделки с разными значениями нагрузками.

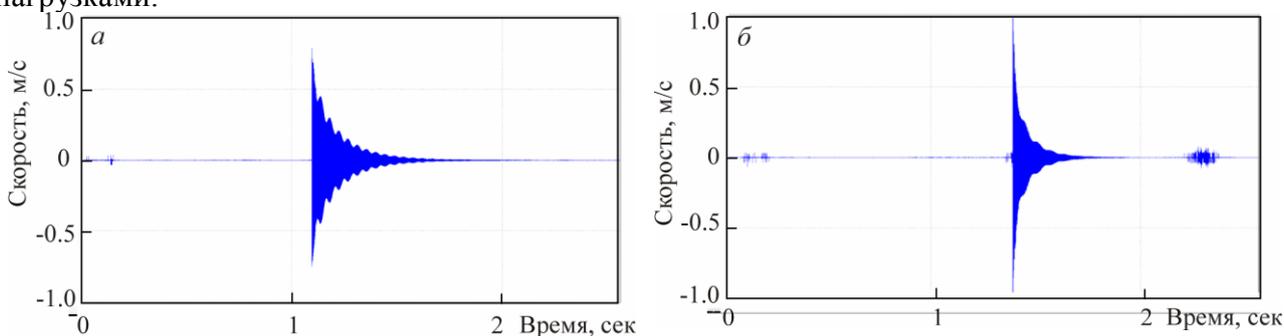


Рис. 3. Велосигмм от образцов с имитацией заделки с разными значениями нагрузками 157 кН (*а*) и 274,5 кН (*б*)

Анализ частотных параметров образцов позволил установить, что с ростом приложенной нагрузки наблюдается увеличение значений собственных частот колебаний цилиндрических стальных стержней не зависимо от схемы фиксации образцов.

Таким образом, данные полученные при изучении распределения деформационных полей на поверхности цилиндрических стальных стержней при сжатии позволили выявить также закономерное изменение частотных параметров образцов в процессе их нагружения.

### Литература

1. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука 1967. 444 с.
2. Устинов А.М., Клопотов А.А., Потеев А.И., Абзаев Ю.А., Плевков В.С. Известия Алтайского государственного университета. 2018. №1. С.58-69.
3. Федоров В.С., Копаница Д.Г., Клопотов А.А. и др. Вестник ТГАСУ. 2017. №2. С.79-97.