

РАЗВИТИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИТОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е.М. Струнгарь, Д.С. Лобанов, О.А. Староверов, К. А. Пеленев

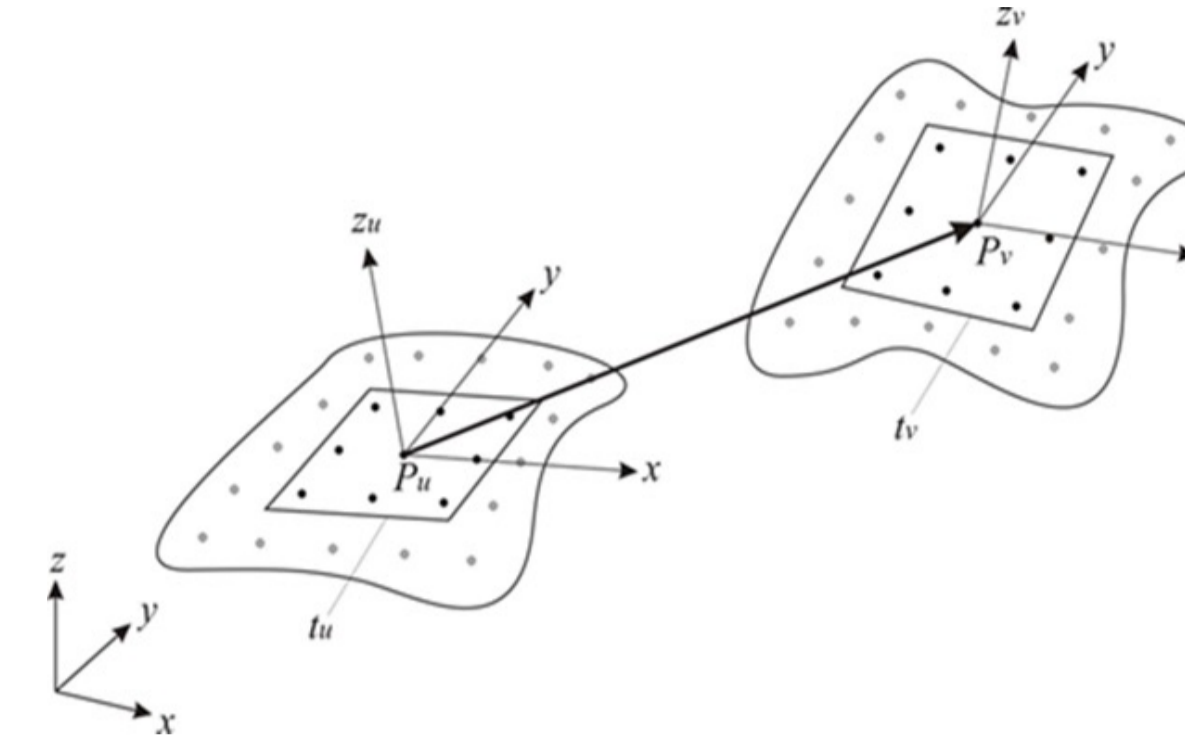
Пермь, Россия, Tel.: +7 (342) 219-87-34, E-mail: cem.spaskova@mail.ru

1. Бесконтактная трехмерная система измерения деформаций Vic-3D и метод корреляции цифровых изображений DIC

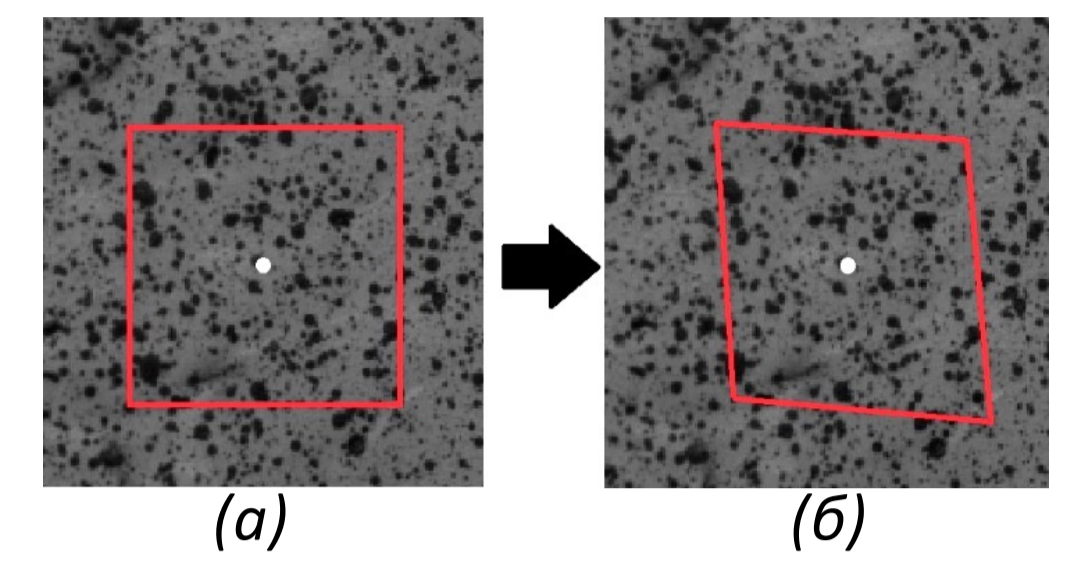
Корреляция цифровых изображений DIC — это эффективный бесконтактный метод измерения деформаций на поверхности исследуемых объектов путем сравнения цифровых фотографий, снятых в процессе нагружения.



- цифровые камеры Prosilica разрешением 16,0 Мп;
- частота съемки 3 кадра в секунду;
- 3-D анализ полей перемещений и деформаций на поверхности образца, конструкции и т. д.



Определение трёхмерного вектора перемещения в процессе деформирования



Цифровые снимки образца в исходном (а) и деформированном состоянии (б)

Работа посвящена развитию методики изучения процессов деформирования композитов в условиях циклических воздействий.

- Рассмотрен ряд способов фиксации регистрируемых данных.
- Показаны преимущества и недостатки каждого из рассмотренных способов в зависимости от задач исследования. Проведены статические и циклические испытания углепластиковых образцов.
- Рассмотрены методические особенности анализа неоднородных полей деформаций, полученных с использованием бесконтактной оптической видеосистемы VIC-3D. Проведено сопоставление значений деформации, в ходе испытаний на одноосное растяжение, двумя разными способами с учетом и без учета отверстия.

Регистрация деформаций с использованием метода КЦИ при циклических воздействиях

I способ предполагал **осуществлять остановку в пике максимума после каждого n-го количества циклов.**

Регистрация полей деформаций производилась с целью анализа зависимости развития локальных повреждений и дефектов от количества циклов нагружения.

«+» ограниченное количество кадров, остановка испытательной машины и съемка именно в максимуме.

«-» необходимость в постоянном присутствии экспериментатора во время испытания.

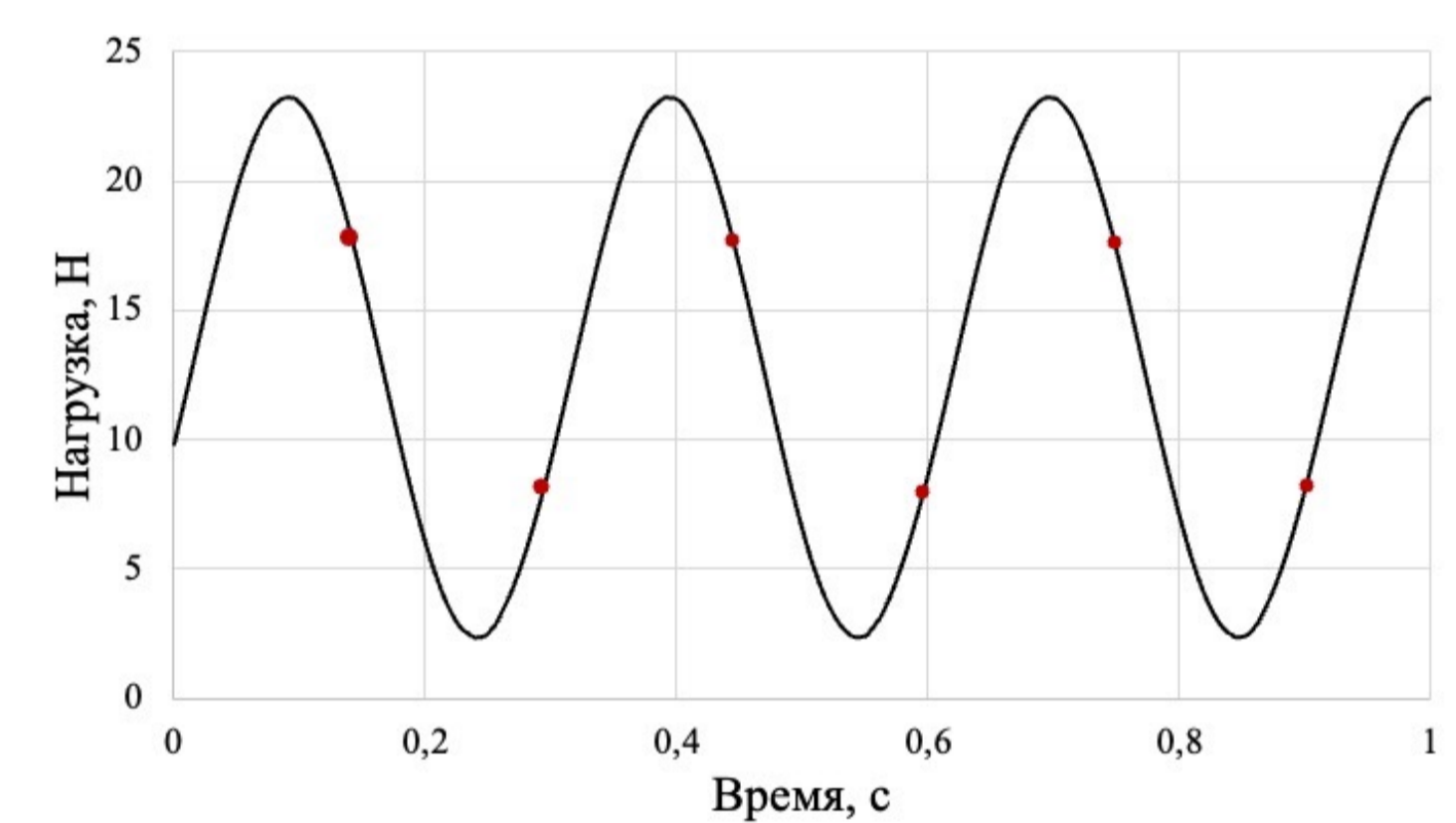
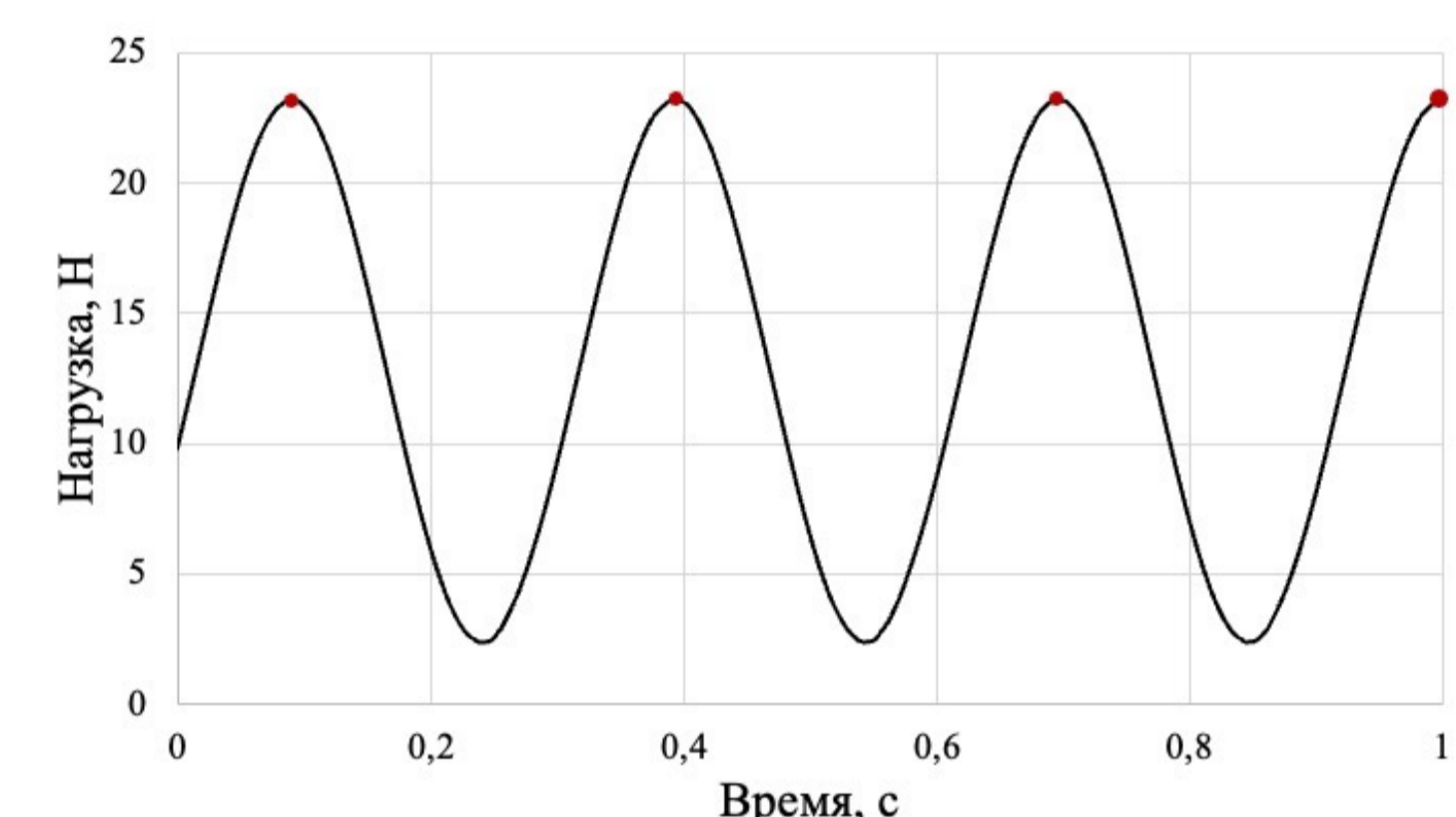
II способ предполагал **регистрацию последовательности изображений с использованием опции Timed Capture.**

«+» автоматизация процесса, отсутствует необходимость в постоянном присутствии экспериментатора во время испытания.

«-» большой объем получаемой информации и отсутствие исходной информации о продолжительности испытания.

Для регистрации последовательности изображений при типовых испытаниях

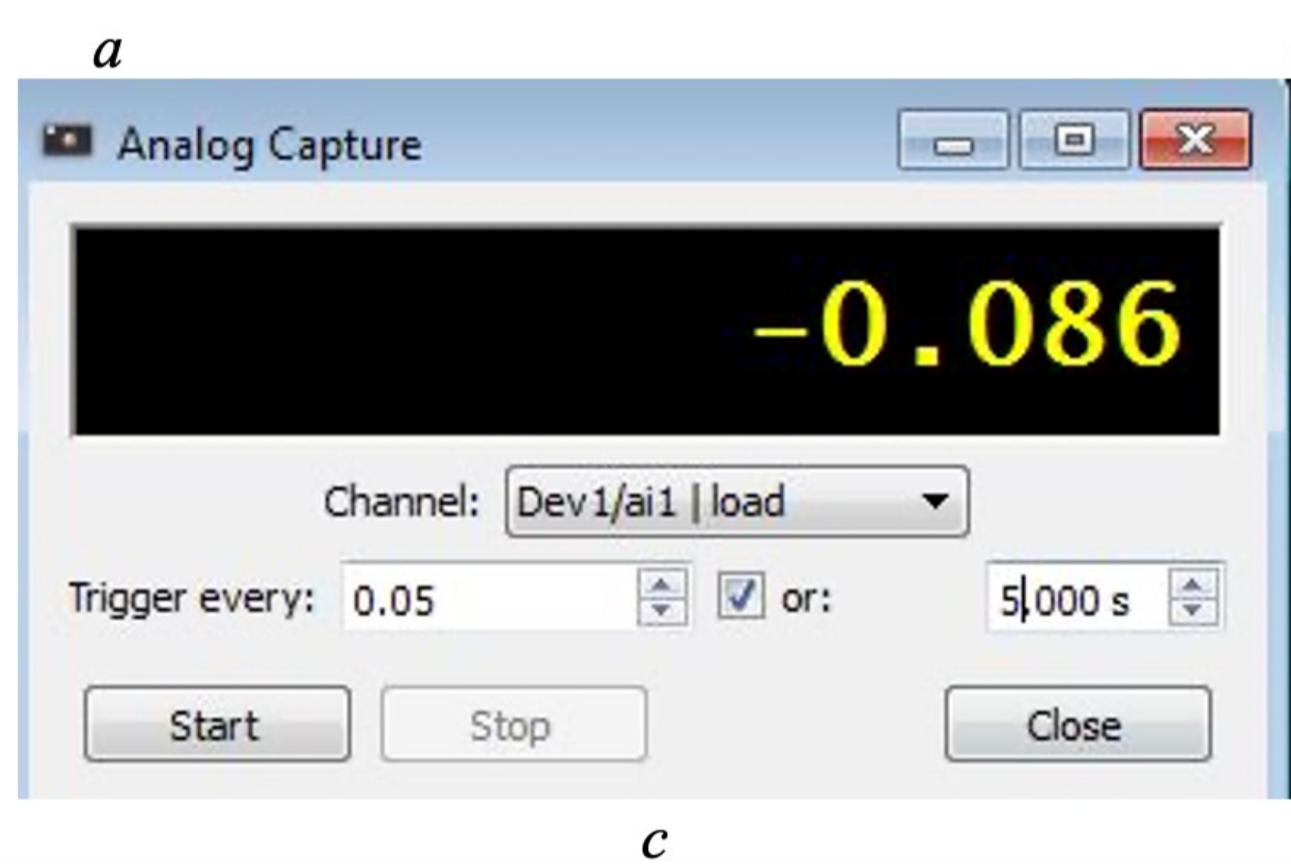
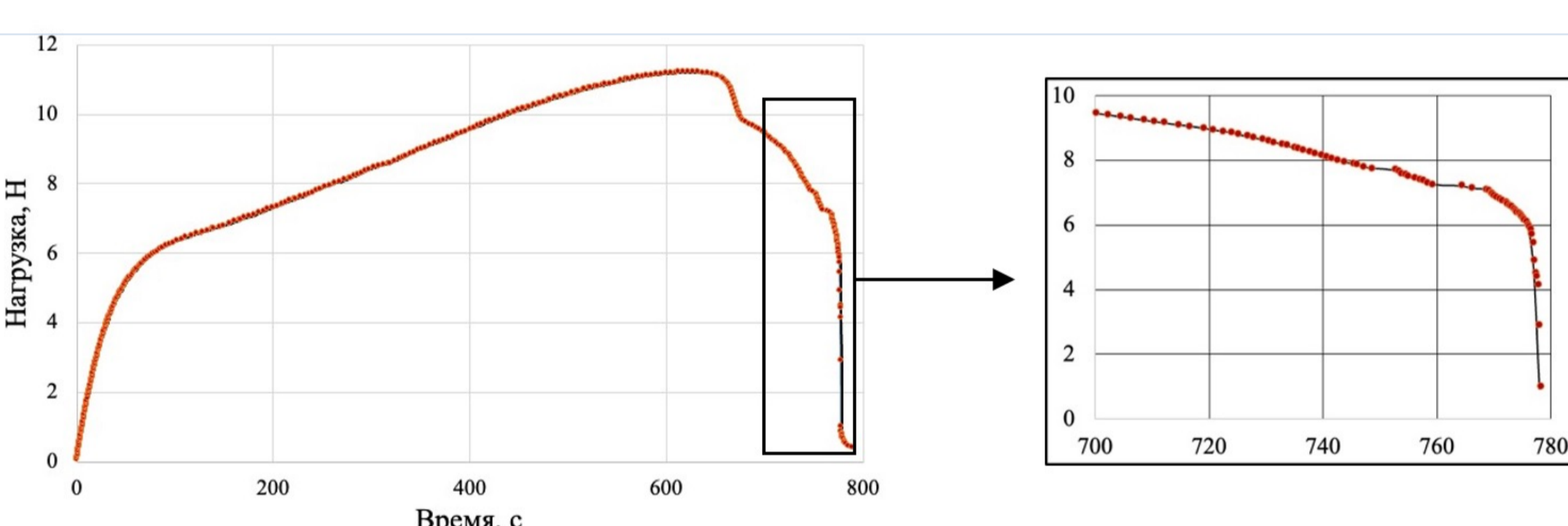
с квазистатическим нагружением данный способ наиболее уместен.



Регистрация изображений с заданной частотой 4 кадра/с (а), 6 кадров/с (б)

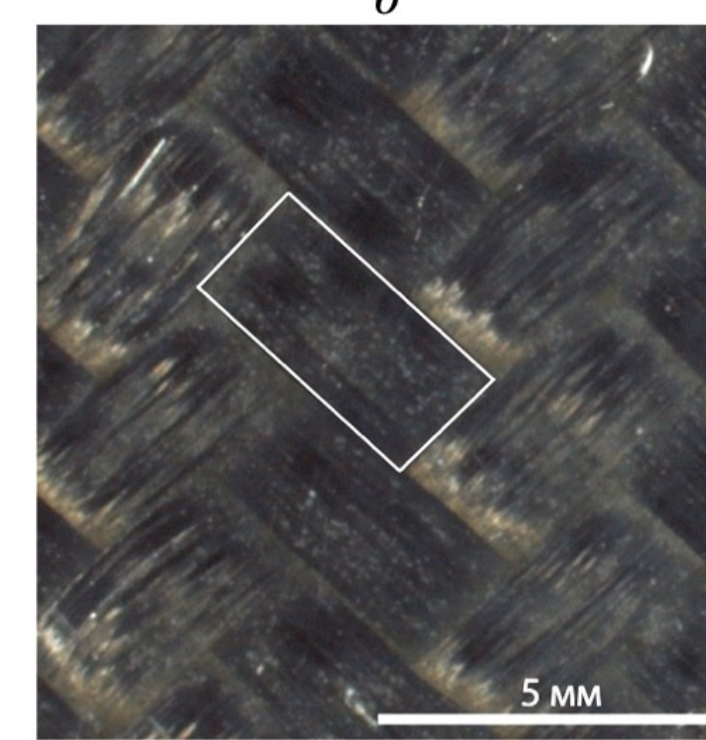
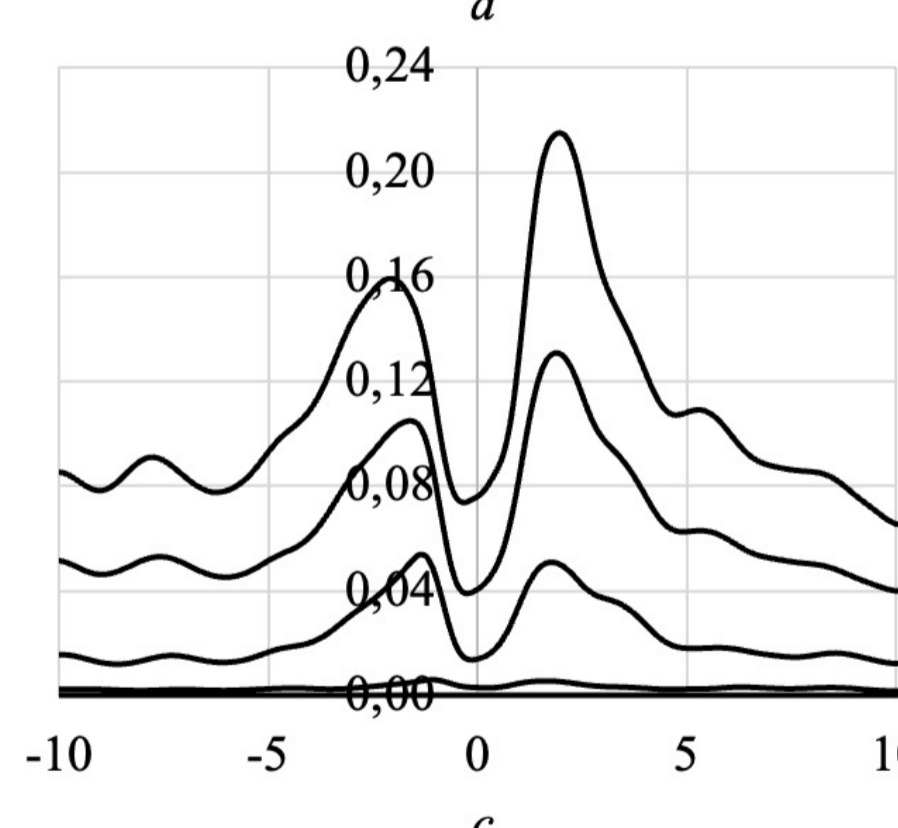
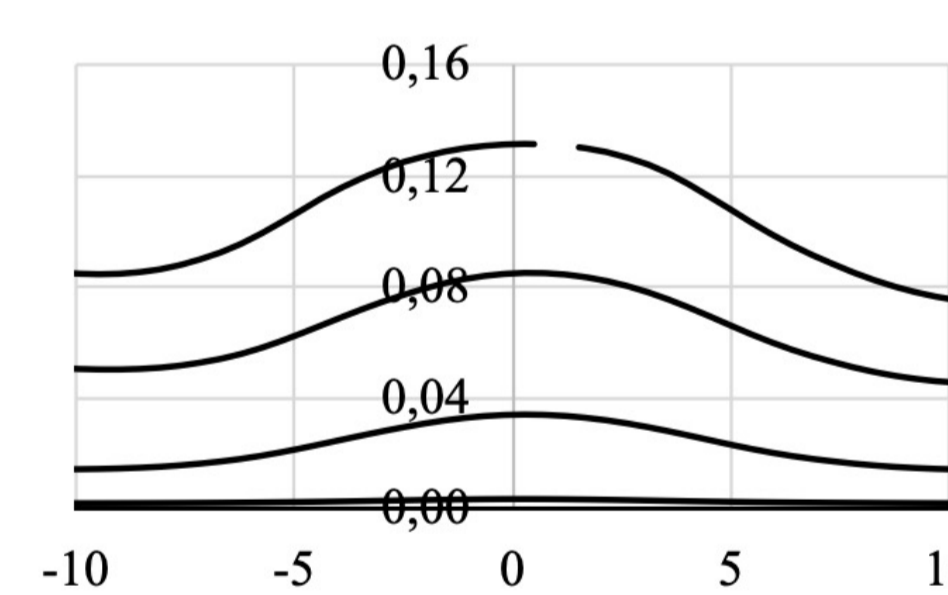
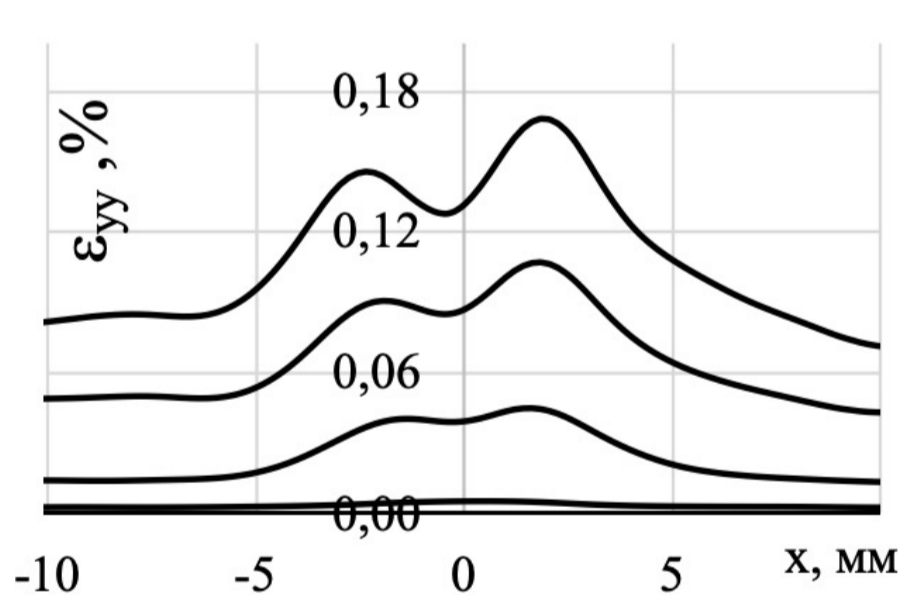
С использованием **опций analog capture и flex capture** становится возможным проводить испытания при сложных режимах внешних воздействий (квазистатических, циклических) наиболее удобным автоматизированным образом, без особых внешних вмешательств. Указанные опции наиболее удобны при анализе процессов деформирования и разрушения композитов с существенной структурной неоднородностью с концентраторами.

Опция analog capture позволяет установить триггер по выбранному каналу синхронизации. Также есть возможность объединения съемки по каналу и по времени.

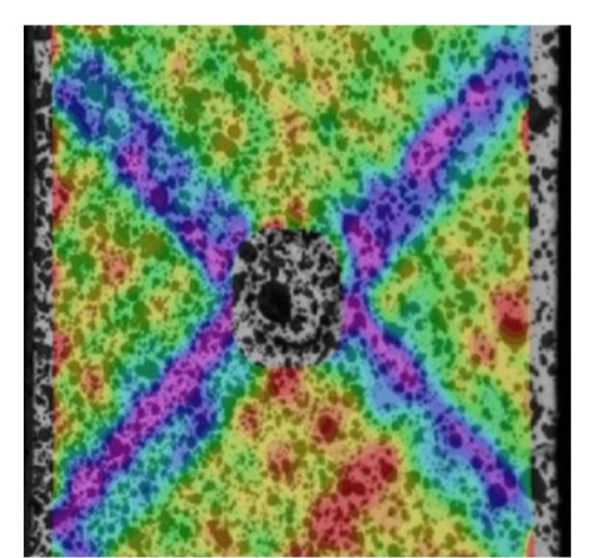
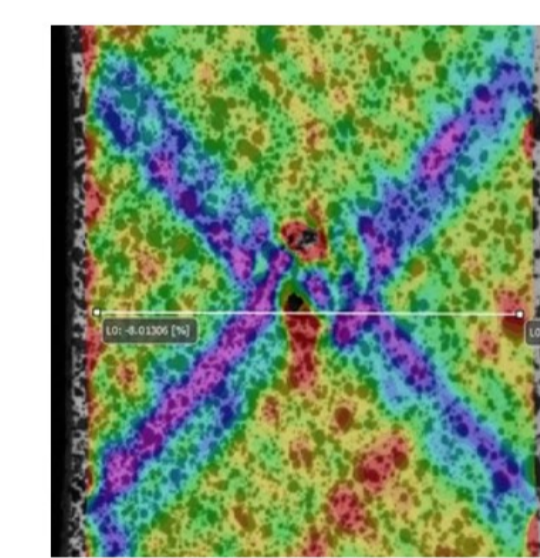


с

Регистрация деформаций с использованием метода КЦИ при циклических воздействиях

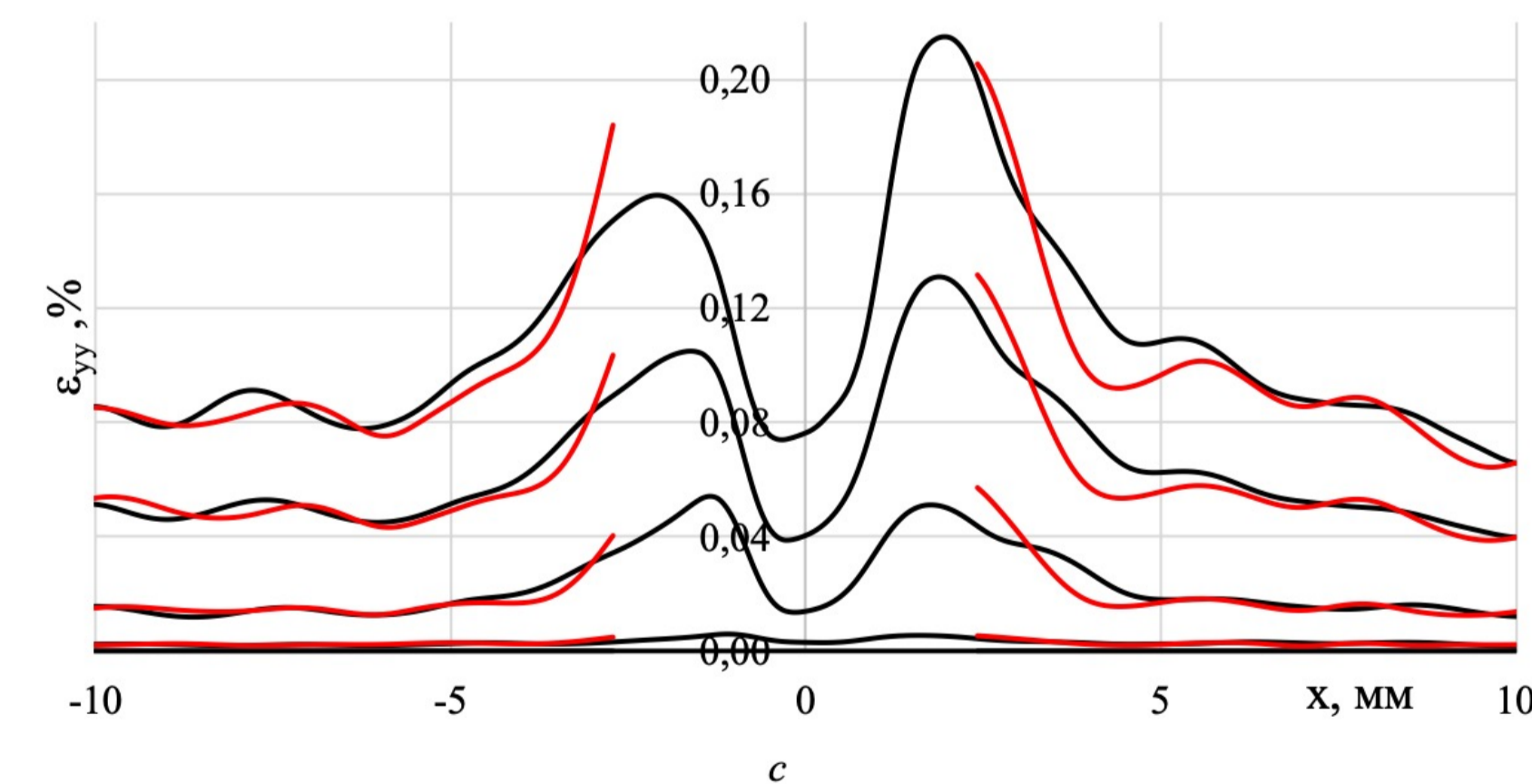


д



а

б



с

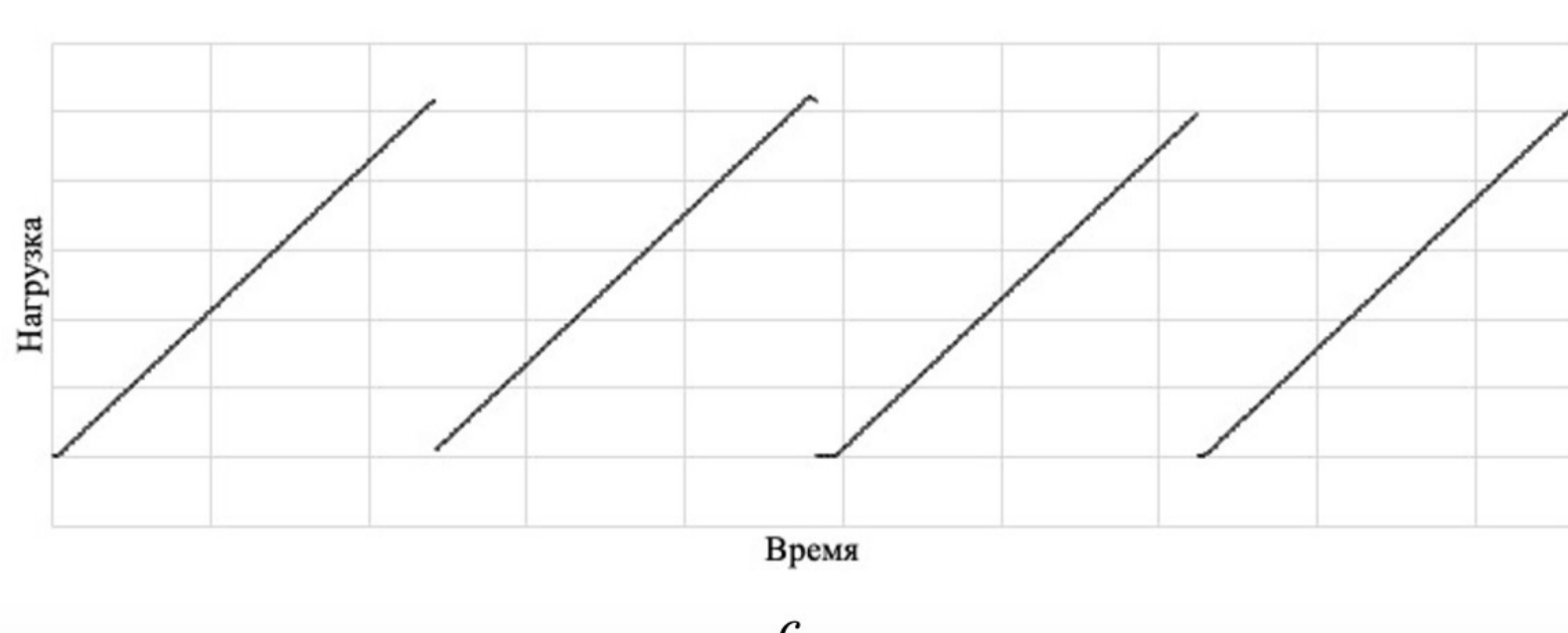
Эпюры распределения продольной деформаций по ширине образца при разных параметрах постобработки step 3 п (а), step 7 п (б), step 1 п (с), фотография поверхности образца (д)

Неоднородные поля поперечных деформаций (ϵ_{xx} , %) для образца ± 45 при $P=10$ кН в случае, когда отверстие не учитывалось при расчете (а), учитывалось (б). Эпюры распределения продольной деформаций по ширине образца (с): красная линия с учетом отверстия, черная линия – без учета

В случае, когда отверстие учитываем значения по продольным деформациям, полученные на краю отверстия, завышены, из-за возникающей краевой зоны. Разница составила 10-12%. Когда отверстие не учитываем получаем осредненный вариант по деформациям. Полученные значения деформации на краю отверстия можно использовать для дальнейших расчетов. Представленный вариант расчета с заполнением отверстием рекомендуется использовать при оценке деформаций на краю отверстия.

По результатам работы сформулированы и разработаны рекомендации по использованию метода корреляции цифровых изображений (DIC) и аппаратуры трехмерного анализа деформаций на полимерных композиционных материалах при циклических воздействиях. Сделан вывод о целесообразности использования опций «analog capture» и «flex capture» коммерческого программного пакета «vic-snap» для анализа процессов деформирования и разрушения композитов с существенной структурной неоднородностью с концентраторами при сложных режимах внешних воздействий (квазистатических, циклических).

Схема нагружения для циклического испытания с нагрузками/разгрузками (а), вид опции flex capture в программном пакете Vic-Snap (б), регистрация изображений видеосистемой на этапе нагружения (с)



а

б

с