

Как видно из данных, приведенных на рисунке 1, наиболее высокие значения по механическим свойствам получены при обработке металла комплексным модификатором FeVALCa по вариантам 4, 5 и 6. Вариант 6 не соответствует по твердости требованиям ГОСТ 22703-2012, поэтому оптимальным представляется вариант 5. Результаты исследования показали, что при ковшовой обработке стали марки 20ГЛ с комплексным модификатором – FeVALCa при добавлении 0,18 % от массы жидкого металла и содержании ванадия $[V] = 0,035 \%$, повышаются механические свойства: временное сопротивление – до 33 %, предел текучести – до 20,5 %, твердость – до 26 %, особенно – значение ударной вязкости – в 2 раза больше, чем по варианту 1 традиционной технологии [2].

Внедрение предложенной технологии позволило существенно повысить качество корпуса автосцепки, улучшить его механические и эксплуатационные характеристики, а также усовершенствовать макро- и микроструктуру металла по сравнению с традиционной технологией.

Список литературы

- 1 ГОСТ 22703-2012. Детали литые сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – Взамен ГОСТ 22703-77 ; введ. 2013-07-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 22 с.
- 2 Влияние комплексного модифицирования металла для улучшения структуры и свойства стали марки 20ГЛ / Т. Т. Уразбаев, Т. М. Турсунов, У. Т. Рахимов, Д. Ш. Валиева // Машинасозлик : Илмий-техника журнали, 2023. – № 1. – С. 25–29.
- 3 Турсунов, Н. К. Методика расчета комплексного раскисления стали марки 20ГЛ с алюминием и кальцием / Н. К. Турсунов, Т. Т. Уразбаев, Т. М. Турсунов // Universum : технические науки. – Москва : Международный центр науки и образования, 2022. – № 2 (95). – С. 20–25.

УДК 629.44; 629.4.027.5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРУЗКИ ВАГОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СТУПИЦЫ ЦЕЛЬНОКАТАНОГО КОЛЕСА, НАПРЕССОВАННОГО НА ПОДСТУПИЧНУЮ ЧАСТЬ ОСИ КОЛЁСНОЙ ПАРЫ

*P. И. ЧЕРНИН, О. М. МОИСЕЙЧИКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для оценки влияния загрузки вагона на эквивалентные напряжения на поверхности ступицы цельнокатаного колеса к разработанной модели [1] при значениях натяга по границам рекомендованного диапазона [2] (0,10 и 0,25 мм) прикладывалась нагрузка от 1,5 до 16 тонн с шагом в 1,5 тонны.

Расположение 8 сечений, в которых определялись эквивалентные напряжения и в дальнейшем находилось их среднее значение для каждого из сечений, приведено на рисунке 1.

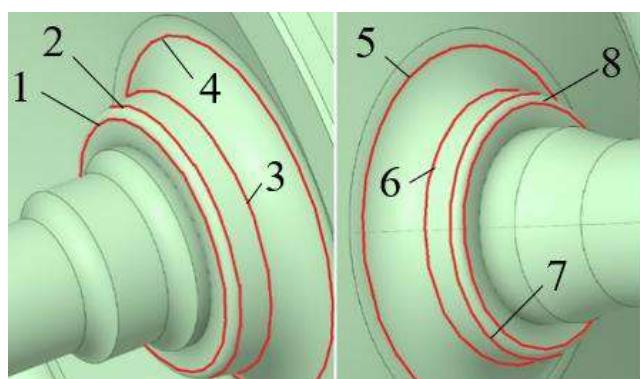


Рисунок 1 – Расположение сечений на поверхности ступицы колеса

На рисунке 2 представлены результаты расчёта модели (эквивалентные напряжения и контактное давление в зоне сопряжения ступицы с подступичной частью оси) при статической нагрузке на шейку оси вагона, равной 16,5 тонны при натягах 0,1 и 0,25 мм.

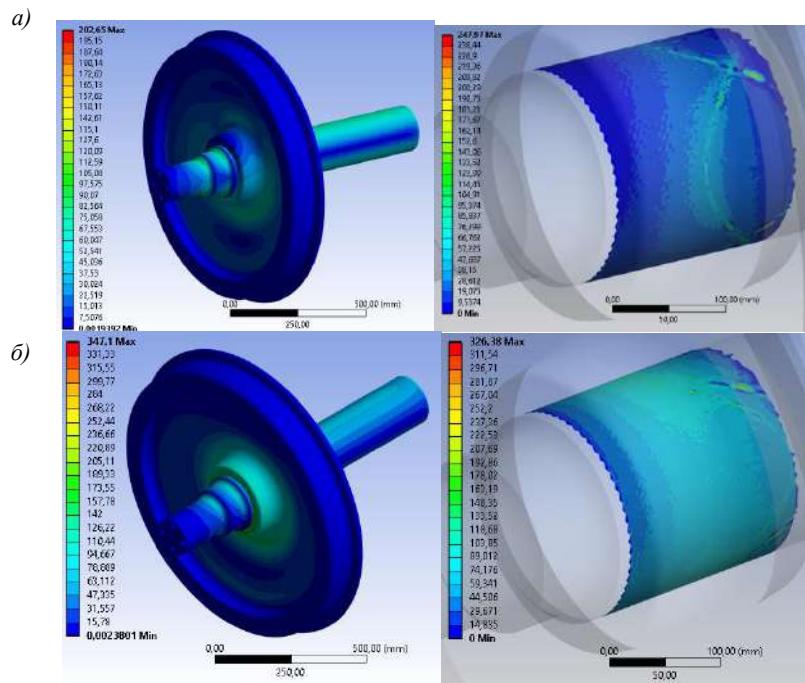


Рисунок 2 – Результаты расчёта эквивалентных напряжений и контактного давления в сопряжении ступицы цельнокатаного колеса с подступичной частью оси колёсной пары при нагрузке, равной 16,5 т.:
а – натяг 0,10 мм; б – натяг 0,25 мм

Для определения величины натяга в соединении δ по эквивалентным напряжениям ($\sigma_{\text{e}\Pi}$), возникающим на поверхности ступицы колеса, используется зависимость, которая вытекает из решения Ляме – Гадолина [3]:

$$\delta = \frac{d_2^2 \sigma_{\text{e}\Pi}}{d_1 E},$$

где d_1 – диаметр сопряжения, мм; d_2 – наружный диаметр охватывающей детали, для каждого рассматриваемого сечения, мм; E – модуль упругости, МПа.

При использовании результатов расчётов модели без учёта прикладываемой нагрузки [1] в качестве «нуля» получено влияние загрузки на изменение среднего значения эквивалентных напряжений на наружной поверхности ступицы колеса (рисунок 3).

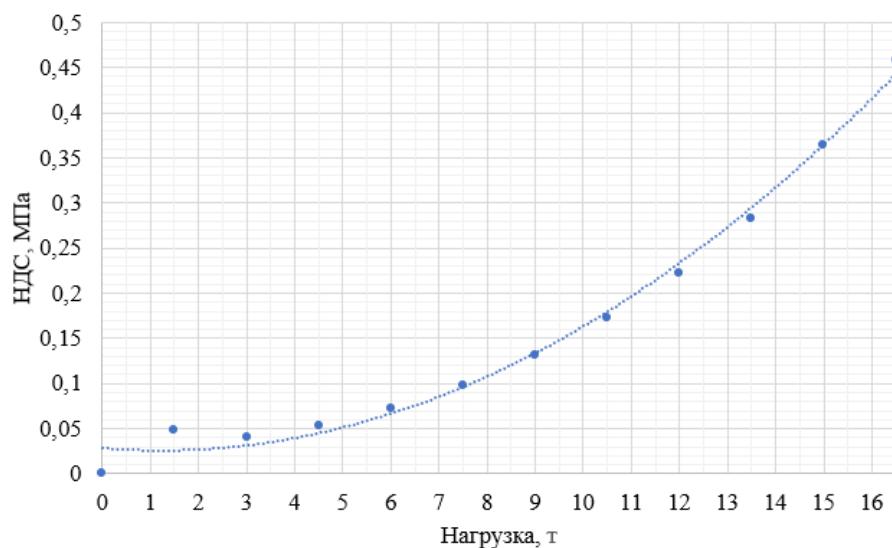


Рисунок 3 – Влияние загрузки вагона на величину среднего значения эквивалентных напряжений на наружной поверхности ступицы цельнокатаного колеса ($y = 0,0018x^2 - 0,0044x + 0,0286$, $R^2 = 0,9908$)

Из зависимости (см. рисунок 3) следует, что при увеличении загрузки среднее значение эквивалентных напряжений на наружной поверхности ступицы цельнокатаного колеса возрастает.

Следующим шагом для верификации полученной в результате моделирования зависимости, является проведение экспериментальной напрессовки колеса на ось с дальнейшим её нагружением с регистрацией эквивалентных напряжений с помощью разработанного ранее устройства [4].

Список литературы

1 **Чернин, Р. И.** Совершенствование технологии контроля запрессовки колеса на ось при формировании колёсных пар вагонов / Р. И. Чернин // Перспективы развития транспортного комплекса : сб. статей / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника» ; редкол.: В. С. Миленький [и др.] ; рец.: А. А. Ерофеев, А. О. Лобашев. – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2024. – С. 316–326. – URL: <https://www.transtekhnika.by/nauchnye-razrabotki/nauchnye-publikatsii/> (дата обращения: 15.09.2025).

2 Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм (РД ВНИИЖТ 27.05.01-2017). – 253 с.

3 **Александров, А. В.** Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – М. : Высш. шк., 2000. – 560 с

4 Патент 2431 Респ. Беларусь № и 20050254 ; заявл. 02.05.2005 ; опубл. 28.02.2006. Устройство для контроля прочности механической напрессовки колеса на ось колёсной пары / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, Р. И. Чернин, С. Ф. Гориченко ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 1 (48). – С. 172–173.

УДК 528.854; 539.4

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. В. ШИЛЬКО, Е. Г. ОРЕШКЕВИЧ, А. П. САЗАНКОВ

Институт механики металлокомпозитных систем
им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель

Введение. Мониторинг геометрических параметров трещины (ширины, глубины, площади) в процессе разрушающих механических испытаний является важным этапом фрактографического исследования конструкционных материалов. К сожалению, традиционные методы анализа кинетики трещинообразования весьма трудоемки и нуждаются в автоматизации.

Целью исследования является разработка методики и программного обеспечения автоматизированного определения геометрических параметров трещины на основе анализа видеоизображений с возможностью интеграции с данными, получаемыми в программном обеспечении современных испытательных машин.

В работе использована оригинальная методика фрактографического исследования в виде программного приложения на языке Python с привлечением библиотек компьютерного зрения (OpenCV, NumPy, Pandas, Tkinter).

Разработанная компьютерная программа предназначена для обработки видеоизображений в форматах MP4, AVI, MOV и *.raw-файлов программного обеспечения испытательной машины, содержащих параметры испытаний (ширину образца, количество циклов нагружения и т. д.).

Общее описание работы программы

1 Загрузка данных. Пользователь загружает видеофайл и *.raw-файл через графический интерфейс (кнопки «Загрузить видео», «Загрузить RAW файл»). Видео копируется в буферную директорию (`./predict/buffer_video`), а *.raw -файл преобразуется для извлечения параметров образца.

2 Извлечение кадров. Видеозапись разбивается на отдельные кадры (PNG-изображения), сохраняемые в файле `./data/frames`.

3 Калибровка масштаба. Ширина образца в пикселях рассчитывается путем трассировки лучей от фиксированной точки до контура образца в первом кадре. По известной ширине в миллиметрах определяется коэффициент масштабирования.

4 Анализ трещины. Для каждого кадра выполняются следующие действия.

4.1 Создается маска образца в HSV-цветовом пространстве (рисунок 1, а).