

гического развития отрасли в целом. Такие страны, как Россия и Китай, делают упор на производство водорода за счет применения ядерной энергии. Это обусловлено тем, что «зеленой» энергетике не отдают предпочтение, как в странах западной Европы, а также есть особенности ее применения. Теперь многие государства разработали программы перехода к водородной экономике. В 2021 г. программу развития водородной энергетике до 2050 г. приняла Россия, в 2023 г. – Беларусь.

Итак, все крупные экономики мира озабочены проблемой декарбонизации. Единственный эффективный путь решения этой проблемы – более широкое использование водорода, причем именно на всех видах транспорта, альтернатива только одна – использование ядерной энергии. По такому пути идут государства, не имеющие достаточных ресурсов для альтернативной энергетике, например Монголия. Такие страны планируют строительство атомных электростанций. Представляется, что такими способами экологическая проблема будет разрешима.

Список литературы

- 1 Brewer, G. D. Hydrogen aircraft technology / G. D. Brewer. – Boca Raton : CRC Press Int, 1991. – 431 p.
- 2 Департамент по энергоэффективности Государственного комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://energoeffect.gov.by/news/news_2020/20200805_news1. – Дата доступа : 10.09.2024.
- 3 Концепция развития водородной энергетике в Республике Казахстан до 2040 года : утв. постановлением Правительства Респ. Казахстан, 30 мая 2024 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://legalacts.egov.kz/npa/view?id=15028374>. – Дата доступа : 10.09.2024.

УДК 539.3, 539.372, 539.62, 51-74

ЧИСЛЕННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ «РОЛИК – ВАЛ» НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Н. М. КЛИМКОВИЧ, М. А. НИКОЛАЙЧИК
Белорусский государственный университет, г. Минск

Процесс изнашивания заключается в отделении частиц материала с поверхности твердого тела при трении и/или увеличении остаточных деформаций, которые сопровождаются постепенным изменением размеров этого тела [1]. Испытания на износ проводятся с целью опытного определения способности конкретного материала сопротивляться разрушению, деформации и другим повреждениям в условиях трения. Так, в настоящее время разрабатываются новые материалы, имеющие высокие износоусталостные показатели [2–4]. В свою очередь, компьютерное численное моделирование процесса изнашивания позволяет значительно сократить сроки исследования свойств рассматриваемых материалов и материальные затраты, необходимые для проведения износоусталостных испытаний.

Таким образом, цель данного исследования заключается в проведении численного моделирования напряженно-деформируемого состояния (НДС) системы «вал (образец) – ролик (контробразец)» в динамической постановке, возникающего в ходе проведения испытаний на износостойкость в условиях качения без проскальзывания (рисунок 1).

Численное моделирование проводилось на базе метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в расчетном программном пакете Ansys Mechanical APDL. Задача рассматривалась в динамической постановке. Процесс изнашивания описывался моделью Арчарда [5]

$$\dot{w} = \frac{C_1 p^n v^m}{h}, \quad (1)$$

где \dot{w} – скорость изнашивания материала; C_1 , n , m – некоторые константы; p – контактное давление; v – скорость скольжения; h – твердость материала (равна трети от предела прочности на сжатие).

В качестве материала образца использовался алюминиевый сплав Д16, материала контробразца – сталь 18ХГТ. Кроме того, учитывалось нанесение различных покрытий на поверхность вала в области контакта путем изменения констант C_1 , n , m модели (1). Верификация полученных результатов проводилась по данным экспериментальных исследований [6].

Для сокращения вычислительных затрат, необходимых для проведения численного эксперимента, геометрическая модель ролика, размеры которого значительно больше размеров вала, была заменена некоторой его частью (рисунок 2). В ходе численного моделирования считалось, что данный участок ролика может перемещаться только в вертикальном направлении.

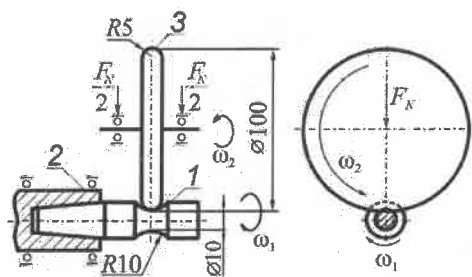


Рисунок 1 – Схема проведения испытаний на контактную усталость

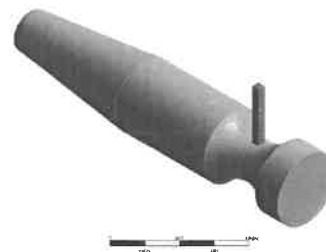


Рисунок 2 – Упрощенная геометрическая модель системы «вал – ролик»

Кроме того, так как основным изнашиваемым объектом в рассматриваемой системе является вал, модель поведения материала для рассматриваемого участка ролика была определена как модель поведения недеформируемого твердого тела.

Как и при проведении натурного эксперимента, нагружение на вал было многоступенчатым. В силу того, что частота вращения вала оставалась постоянной за всё время проведения эксперимента, скорость скольжения v в модели (1) также принималась постоянной.

Вместе с тем, так как длительность ступени нагружения также оставалась постоянной, при проведении численного моделирования принималось, что фрикционный износ за одну ступень нагружения можно реализовать за один расчетный оборот, увеличивая при этом значение константы C_1 в соответствующее число раз.

Верификация полученных результатов проводилась по данным сближения осей ролика и вала [6].

В ходе проведения численного эксперимента, были получены полосы износа в окрестности области контакта вала и ролика (рисунок 3) и определено НДС всей исследуемой системы. Полученные полосы износа совпадают с теми, что были получены в ходе проведения экспериментального исследования (рисунок 4).

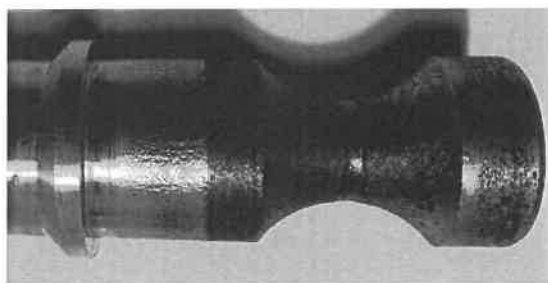


Рисунок 3 – Фото образца с модифицированным МДО-покрытием, содержащим латунь, после испытаний на контактную усталость



Рисунок 4 – Вид одной из полос износа, полученной в ходе численного моделирования

Таким образом, была разработана численная конечно-элементная модель НДС системы «ролик – вал» в динамической постановке, возникающего при проведении испытаний на износостойкость. Полученные результаты моделирования верифицировались данными экспериментальных исследований. Результаты исследований могут быть широко использованы при проведении численных экспериментов по определению усталостных свойств различных образцов.

Список литературы

- 1 Трение и износ в машинах: практикум для студентов технических специальностей / П. Н. Богданович [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 134 с.
- 2 Новый износостойкий сплав на кобальтовой основе: влияние кремния и углерода на структуру и триботехнические характеристики. Часть 1 / А. Г. Евгенов [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2021. – № 4 (65). – С. 59–69.
- 3 Башков, О. В. Исследование структуры и фрикционных свойств нового композиционного фрикционного материала / О. В. Башков, А. А. Афанасьева // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4-1. – С. 59–65.
- 4 Об опыте изготовления и эксплуатации зубчатых колес из нового конструкционного материала «МОНИКА» / В. В. Комиссаров [и др.] // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 107–112.
- 5 Shen, X. Numerical simulation of sliding wear based on Archard model / X. Shen, L. Cao, R. Li // 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering. – IEEE, 2010. – С. 325–329.
- 6 Богданович, А. В. Об использовании метода многоступенчатого нагружения для расчетно-экспериментальной оценки предела контактной выносливости / А. В. Богданович, В. Л. Басинюк, А. А. Глазунова // Механика машин, механизмов и материалов. – 2024. – № 1 (66). – С. 29–36.