

Реализованная под началом Л. А. Сосновского триада «наука – образование – производство» демонстрирует эффективную модель национальной инновационной системы. Данный замкнутый цикл, обеспечивающий переход от фундаментального знания к образовательной практике и выпуску конкурентоспособной продукции, создает прочный фундамент для обеспечения технологической независимости и укрепления международных позиций страны [1–5].

Вклад руководства и сотрудников «НПО ТРИБОФАТИКА» был отмечен многочисленными государственными наградами и почетными званиями, что служит подтверждением их значимой роли в развитии науки и техники. Результаты их деятельности положили начало новым научным дисциплинам, оказали влияние на образовательные стандарты в Беларуси и Китае и способствовали созданию уникальной конкурентоспособной продукции.

Список литературы

- 1 **Сосновский, Л. А.** Культура и золотая триада «наука–образование–производство» / Л. А. Сосновский, С. С. Щербаков, А. А. Лазаревич // Интеллектуальная культура Беларуси: духовно-нравственные традиции и тенденции инновационного развития : материалы Пятой Междунар. науч. конф., Минск, 19–20 нояб. 2020 г. / Институт философии НАНБ. – Минск : Четыре четверти, 2020. – Т. 1. – С. 227–238.
- 2 **Сосновский, Л. А.** Современная наука и мультидисциплинарная система образование – наука – производство: некоторые достижения / Л. А. Сосновский, С. С. Щербаков, А. В. Богданович // Теоретическая и прикладная механика : межвед. сб. науч.-метод. статей. – Минск : БНТУ, 2018. – Вып. 33. – С. 3–11.
- 3 Двадцатилетний опыт преподавания курса «Основы трибофатики» / В. И. Сенько, Л. А. Сосновский, А. В. Путято [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 1 (32). – С. 11–31.
- 4 Трансдисциплинарное проектирование объектов и силовых систем – качественно новый уровень подготовки инженеров / В. И. Сенько, Л. А. Сосновский, Н. А. Махутов [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 1 (32). – С. 32–38.
- 5 **Сосновский, Л. А.** Механотермодинамика (об объединении великих конкурентов: 1850–2015) / Л. А. Сосновский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – № 4 (37). – С. 19–41.

УДК 531:536+539.538

ПРОРЫВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ Л. А. СОСНОВСКОГО

В. В. КОМИССАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Научная школа Республики Беларусь под руководством Л. А. Сосновского в области трибофатики, а затем механотермодинамики демонстрирует достижения высокого уровня, основанные на принципиально новых подходах к оценке и прогнозированию состояния критически важных технических систем, таких как «колесо – рельс», режущий аппарат сельскохозяйственного комбайна, «шина – дорожное покрытие» и «поток жидкости – трубопровод» [1]. К наиболее значимым результатам можно отнести следующие разработки.

1 **Универсальный испытательный центр SZ-01.** Создан комплекс, позволяющий проводить на одной установке весь спектр износоусталостных испытаний материалов, включая исследования на механическую, контактную, фрикционную усталость и фреттинг, с возможностью моделирования коррозионно-механических и эрозионно-механических воздействий. Ключевым преимуществом является использование единого образца, что обеспечивает сопоставимость результатов различных видов испытаний без необходимости применения сложных поправочных коэффициентов для учета масштабного эффекта.

2 **Экспериментальное обоснование взаимовлияния процессов.** Методы, реализованные в центре SZ-01, позволили впервые установить количественные закономерности прямого и обратного эффектов в трибофатике: влияние трения на усталостную прочность, и наоборот, влияние усталостного наклепа на процессы трения. Это дало возможность исследовать развитие неоднородной локальной поврежденности в материале в условиях многомиллионных циклов нагружения.

3 **Разработка механотермодинамической модели.** Предложена модель критических состояний, интегрирующая силовые, температурные и фрикционные нагрузки. Модель позволяет описывать отказы элементов, как по критерию объемного разрушения, так и по критерию предельного поверхностного износа. В частном случае термосилового нагружения модель показала высокую сходимость с экспериментальными данными (коэффициент корреляции превышает 0,722).

4 **Модель объемной повреждаемости.** Введено обобщенное представление о вероятностной мере повреждаемости – «опасном объеме». Данный подход обеспечил интегральную оценку состояния ме-

ханической системы и доказал свою эффективность для задач оптимизации по критерию повреждаемости, значительно сократив вычислительные затраты по сравнению с традиционным анализом локальных напряженно-деформированных состояний.

5 Новая постановка контактной задачи для системы «колесо – рельс». Разработана трибофатическая модель, впервые учитывающая как контактное взаимодействие с трением, так и неконтактное деформирование рельса на упругом основании под нагрузкой от подвижного состава. Такой подход позволяет учесть полную объемную повреждаемость системы, величина которой примерно на 40 % превышает оценки, полученные в рамках классической трибологии. Это открывает новые возможности для решения проблемы аномально высокого износа («колесно-рельсовый вирус») в условиях тяжеловесного движения.

6 Инновационный материал. Разработан принципиально новый конструкционный материал МОНИКА, сочетающий уникальные свойства: прочность высоколегированных сталей (до 1500 МПа); технологичность и литейные качества чугуна; повышенную пластичность (относительное удлинение до 4 %); высокую контактную выносливость и самосмазываемость. Особенностью материала является аномальная зависимость механических характеристик – рост прочности при увеличении пластичности. Материал успешно применяется для замены сталей в ответственных узлах: зубчатых передач, режущих органов сельхозтехники, железнодорожных рельсов.

7 Передовые методы моделирования. Создана и реализована модель взаимодействия множества деформируемых тел, основанная на системе граничных интегральных уравнений. Метод позволяет моделировать сложные контактные взаимодействия, определять неизвестные поверхности контакта, учитывать зоны проскальзывания и сцепления.

8 Высокопроизводительные вычисления. Внедрены квантоподобные вычисления, использующие концепцию суперпозиции полей состояний. Применение графических ускорителей позволило достичь ускорения расчетов в 600 раз.

9 Медицинские приложения. Разработана методика моделирования зубочелюстной системы человека, обеспечивающая анализ контактных взаимодействий элементов; определение напряженно-деформированного состояния; оптимизацию биомеханической системы; персонализированный подход на основе томографических данных.

10 Нанотехнологии. Создан метод электромагнитно-силового управления нанообъектами, позволяющий осуществлять макроперемещения на расстояния до нескольких метров; использовать токопроводящий посредник и силы Ван-дер-Ваальса; учитывать магнитное сопротивление и диэлектрическую проницаемость среды.

В перспективе дальнейшее развитие трибофатики и механотермодинамики может осуществляться по следующим направлениям: совершенствование методологии решения контактных задач множественных тел; развитие теории определения объемной повреждаемости; создание методов анализа многокритериальных предельных состояний; учет сложного комбинированного нагружения.

Разработанная обобщенная теория эволюции систем по повреждаемости создает основу для прогнозирования долговечности и надежности сложных технических систем в условиях экстремальных эксплуатационных нагрузок.

Список литературы

1 Щербаков, С. С. Механотермодинамика и трибофатика: достижения и перспективы / С. С. Щербаков // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. – Минск : ОИИ НАНБ, 2018. – Вып. 7. – С. 18–26.

УДК 625.143

ПРЯМОЙ И ОБРАТНЫЙ ЭФФЕКТЫ В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО – РЕЛЬС»: КАК УПРАВЛЯТЬ НАДЕЖНОСТЬЮ ЧЕРЕЗ ТРИБОФАТИКУ

В. В. КОМИССАРОВ, Е. С. ТАРАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Со второй половины XX века ключевым вектором технического прогресса является повышение производительности машин и оборудования, что выражается в росте нагрузок, скоростей и температур в различных элементах, узлах и системах. Для решения вопросов обеспечения надежности и