

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ, МОНИТОРИНГ РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О. В. БЕРЕСТНЕВ, В. Я. ПАВЛОВСКИЙ

Институт механики и надежности машин НАНБ

Основными составляющими задачи обеспечения безопасности и надежности технических систем (ТС) являются прогнозирование и нормирование соответствующих показателей и характеристик, их контроль и поддержание на требуемом уровне по мере расходования ресурса работоспособности элементами систем. Цель прогнозирования – оценка достигнутого уровня показателей надежности и безопасности на стадии создания ТС и отслеживание законов и причин изменения этого уровня во времени (в эксплуатации, при хранении). Нормирование устанавливает методически обоснованные уровни показателей для систем в целом и их составных частей, формирует критерии оценки работоспособности, определяет требования к точности и достоверности рабочей информации, к методам контроля и поддержания уровня безопасности и надежности в эксплуатации. Для наиболее ответственных ТС, например приводных механизмов, кроме установления нормативных предельных уровней показателей надежности и безопасности очень важным является обоснованный выбор удобных для контроля, физически взаимосвязанных с нормируемыми показателями критериальных параметров, мониторинг изменений которых позволяет одновременно оценивать и изменения первых, например, остаточного ресурса.

Прогнозирование и нормирование показателей надежности ТС базируется на единых методологических подходах классической (системной) теории надежности, в удовлетворительной степени отработанных для тиражированных систем, элементы (составные части) которых относятся к изделиям массового производства с достоверными экспериментальными показателями надежности. Безопасность же ТС скорее является индивидуальной мерой, поэтому только статистические методы классической теории надежности в прогнозировании и нормировании безопасности недостаточны.

В ИМИНМ НАНБ в рамках ГПФИ “Надежность и безопасность машин” развивается направление прогнозирования и нормирования надежности и безопасности ТС на основе описания и моделирования физических процессов взаимодействия объекта с внешней средой и утраты работоспособности (расходования ресурса) под влиянием повреждающих факторов. В этом случае необходимо создавать и анализировать многочисленные “деревья порождающих причин”, которым предшествуют работы по разработке перечня и идентификации возможных нежелательных с точки зрения безопасности системы событий, предварительный структурно-функциональный анализ ТС с вычлениением функционально автономных подсистем и других составных частей и экспертной оценкой степени их ответственности за безопасность системы в целом, подбор и обоснование типовых причинно-следственных моделей утраты работоспособности элементами системы. Так как подобный подход требует выполнения значительного объема поисковых справочно-информационных работ, очевидна целесообразность формирования баз данных по типовым процессам и критериям утраты работоспособности, моделям расходования ресурса, статистическим характеристикам процессов функционирования типовых автономных подсистем и их нагрузочным режимам и т.д. Отметим, что наиболее полно методологически разработаны физические процессы разрушения элементов машин под воздействием нагрузок, и ИМИНМ НАНБ располагает самой представительной базой данных именно по этим процессам.

Нормирование надежности и безопасности ТС – задача более ответственная, особенно в части установления допустимых первоначальных и изменяющихся в процессе эксплуатации уровней их показателей и характеристик. Классическая теория надежности занимается преимущественно распределением требований к надежности составных частей по уже установленным показателям надежности системы. Используемые при этом подходы основываются на положении: “Надежные и безопасные системы создаются из более надежных и безопасных составных частей”. Наиболее приемлемой моделью распределения требований надежности и безопасности между составными частями ТС следует признать дифференцированный учет ранга их ответственности за безопасность и надежность системы в целом.

Нормирование “чистых” показателей надежности (без привязки безопасности) основывается исключительно на экономических подходах, когда критерием нормативного уровня выступает экономическая цена его достижения. При нормировании показателей безопасности допустимые уровни устанавливаются по критериям социальным, оценивающим риск в человеческих жизнях, и экономические вопросы вторичны. В качестве перспективной исходной базы для нормирования требований безопасности при проектировании проведенная ИМИНМ НАНБ международная конференция по надежности (2001 г.) рекомендовала не превышение реально признанного, определенного по многочисленным статистическим данным в разных странах мира объективно существующего индивидуального риска 10^{-4} , т. е. гибели в течение года от несчастных случаев в среднем одного человека из каждых 10000 населения.

Для поддержания надежности и безопасности уже реально эксплуатируемых ТС на уровне гарантированных нормативных показателей предлагается метод разбивки эксплуатационного цикла системы на фазы интенсивной, умеренной и мягкой по уровню нагрузок и внешних воздействий эксплуатации. Границами фаз может быть принят уровень интенсивности отказов, при достижении которого режим эксплуатации ТС “смягчается” на 15–20 %, что приводит к снижению интенсивности отказов до первоначального уровня. В системах, где недопустимо или невозможно снижение интенсивности эксплуатации (уровня эксплуатационных нагрузок), устанавливаются “планочные” нормы (например, ресурс) для ответственных составных частей, при достижении которых производится восстановление нормативного уровня надежности и безопасности системы заменой узла новым. ИМИНМ НАНБ также развивает направление по созданию эффективных контрольно-моделирующих комплексов (КМК) для решения задач обеспечения безопасности ТС. Наряду с текущим контролем за реальными параметрами функционирования ТС и периодическим диагностированием ее состояния инструментальными методами КМК призван моделировать в реальном масштабе времени с учетом получаемых данных реально ведущегося мониторинга неявные процессы утраты работоспособности “критическими” элементами (по описанной выше методологии), а также прогнозировать возможные варианты развития нежелательных событий при выходе за пределы допуска любого контролируемого параметра.

Приведенная выше методология прогнозирования и нормирования надежности и безопасности технических систем, развиваемая в ИМИНМ НАНБ в рамках ГПФИ “Надежность и безопасность машин” при научно-методическом взаимодействии с ИМАШ РАН, НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси и другими организациями, уже на этом этапе может быть использована в практических целях для разработки методических рекомендаций по прогнозной оценке и обеспечению безопасности технических систем различного функционального назначения.

УДК 621.891:539.621

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОЙ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

П. Н. БОГДАНОВИЧ,

Белорусский государственный университет транспорта

Д. В. ТКАЧУК

Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАНБ

Фрикционное взаимодействие твердых тел – диссипативный процесс, в котором большая часть работы по преодолению сил трения превращается в тепловую энергию. В высокоскоростных и тяжело нагруженных трибосопряжениях фрикционный нагрев протекает особенно интенсивно и может привести к таким нежелательным последствиям, как, например, изменение структуры и свойств, плавление или деструкция материала поверхностных слоев сопрягаемых элементов. Это, в свою очередь, нарушает нормальную работу, снижает ресурс и повышает риск выхода из строя механизмов [1]. Поэтому совершенствование аппаратуры и методик тепловой диагностики узлов трения является актуальной проблемой с точки зрения повышения работоспособности машин и оборудования.

Для решения задач регистрации температурных полей в зоне трения наиболее распространены методы прямого измерения температуры (термопары, фотодатчики, термоиндикаторы) [2, 3]. Недостаток этих методов состоит в том, что они либо усредняют измеряемую величину по площади