

Колонка редколлегии

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНОГО, ОСТАТОЧНОГО И ПРОДЛЕННОГО РЕСУРСА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

© Н. А. Махутов

Проблемы расчетно-экспериментального определения и научного обоснования исходного и остаточного ресурса безопасной эксплуатации большого числа объектов инженерной инфраструктуры приобрели высокую актуальность в связи с выходом этих объектов на предельные и запредельные, изначально назначенные сроки службы. Экономическая и технологическая сложность замены стареющих и деградирующих объектов делает государственно значимой задачу научного и методического обоснования продления ресурса и сроков службы с соблюдением требований безопасности по критериям приемлемых рисков.

Анализ состояния фундаментальных исследований и прикладных разработок проблемы безопасной эксплуатации объектов показывает, что при оценках остаточного ресурса после 50 – 60 % выработки их исходного (назначенного) ресурса подлежат учету соответствующие критериальные параметры напряженно-деформируемых и предельных состояний с учетом условий перехода от исходных штатных к предельным аварийным и катастрофическим состояниям и кинетических представлений о механических свойствах конструкционных материалов.

Взаимосвязь параметров исходного и остаточного ресурса, технические и экономические аспекты определения и назначения сроков службы оборудования определяются решением задач амортизационного, морального и физического износа. Проблемы оценки ресурса включают в качестве основного фактора технологическую и эксплуатационную повреждаемость как конструкционных материалов, так и рассматриваемых несущих элементов конструкции в целом.

Комплексный расчетно-экспериментальный анализ исходного и остаточного ресурса в качестве исходных положений включает в себя создание методической базы по развитию методов экспериментальной механики деформирования и разрушения и оценки механизмов и условий накопления нано-, микро-, мезо-, макроповреждений, а также по изучению условий перехода конструкционного материала в предельные состояния по критериям прочности, ресурса, трещиностойкости, надежности, живучести, износостойкости, хладостойкости, жаростойкости и коррозионной, эрозионной и радиационной стойкости. В этот анализ вместе с названными критериальными параметрами включается и расчетно-экспериментальное обоснование рисков при штатных и нештатных ситуациях, выбор типов предельных состояний, расчетных схем и расчетных случаев, расчетных характеристик и расчетных сопротивлений, методов анализа напряженно-деформированных состояний, методов диагностики технического состояния объектов, назначение запасов, изучение вероятностей достижения предельных состояний, оценка фактических рисков возникновения аварий и катастроф.

Научными основами определения исходного и остаточного ресурса объектов инфраструктуры служат традиционные теории, методы и критерии определения прочности, жесткости и устойчивости, аналитические, численные и экспериментальные методы анализа напряженных, деформированных и поврежденных состояний. Основные положения теорий прочности, надежности и живучести несущих элементов анализируемых объектов дают возможность решения новых проблем безопасности и риска и дальнейшего развития комплексных подходов к анализу защищенности потенциально опасных объектов от аварий и катастроф в условиях

заданной выработки назначенных сроков службы. При этом особенностью новых подходов к методам расчета и испытаний на прочность, ресурс и безопасность является учет штатных и нештатных ситуаций, когда свою специфику приобретает взаимоувязанное определение запасов прочности, ресурса и живучести на стадии образования и развития локальных разрушений (трещин). Указанные методы входят в общую структуру анализа рисков и техногенной безопасности при нештатных ситуациях и в задачи технического регулирования высокорисковых объектов техносферы — опасных производственных, критически и стратегически важных объектов.

При оценке остаточного ресурса по сопротивлению циклическому разрушению соответствующему анализу подлежат деформационные, силовые и энергетические характеристики сопротивления повреждению, амплитуды и асимметрии циклических напряжений и деформаций, концентрация напряжений, циклические свойства материала, температура среды, специальные режимы и условия нагружения, остаточные напряжения и деформации, предельные числа циклов. По этим данным определяются расчетные кривые деформирования и разрушения с учетом факторов и параметров внешних воздействий. Основой такого определения служат соответствующие расчетные зависимости (уравнения состояния и кривых деформирования и разрушения, деформационные, силовые и энергетические критерии). В уточненных расчетах учитываются зоны сварных соединений и наплавов, локальное и общее пластическое деформирование элементов конструкций, многообразие эксплуатационных воздействий, рассеяние характеристик механических свойств.

Для оценки исходного и остаточного ресурса несущих элементов проектируемых и эксплуатирующихся реальных конструкций на базе схематизации истории нагружения, выбора расчетных схем и расчетных случаев проводится построение расчетных кривых допускаемых амплитуд напряжений, деформаций и долговечности при циклическом нагружении, допускаемых максимальных напряжений и времени до разрушения при длительном или динамическом нагружении. Расчет исходного и остаточного ресурса проводится в двух вариантах — приближенном и уточненном. В этих расчетах устанавливается также изменение характеристик механических свойств материалов при хранении, транспортировке, эксплуатации, модернизации и консервации объектов техносферы.

Следующим этапом расчетного анализа остаточного ресурса является оценка технического состояния на стадии живучести по критериям трещиностойкости. Сюда входит определение значений эксплуатационных напряжений, характеристик трещиностойкости, формирование расчетных случаев и расчетных схем, построение расчетных зависимостей для определения критических напряжений и деформаций, ко-

эффициентов интенсивности напряжений и деформаций и критических температур. На этой базе осуществляется построение расчетных кривых развития трещин, критериев живучести при статическом, длительном, динамическом и циклическом нагружениях, а также формируются требования к основам технической диагностики (разрешающая способность, погрешность, выявляемость) для обоснования безопасности при штатных и аварийных ситуациях. При этом принципиальную важность приобретают использование и развитие методов и средств контроля, дефектоскопии, дефектометрии, технической фрактодиагностики и мониторинга фактического состояния объектов на разных стадиях жизненного цикла с учетом традиций и перспектив количественного мониторинга рисков отказов, аварий и катастроф. Концепция оценки и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации объектов увязывается с учетом возможностей и объемов необходимых расчетов и испытаний образцов материалов, моделей и натурных конструкций с выбором определяющих параметров состояния по степени истощения исходного ресурса.

Важной новой задачей расчетно-экспериментального определения остаточного ресурса является повышение его эффективности в условиях штатных и нештатных ситуаций, особенно для объектов повышенного риска. Для этого развиваются общие принципы построения и этапы создания систем комплексной как встроенной штатной, так и мобильной аварийной и катастрофической диагностики объектов с применением новых специализированных средств и систем. Основы выбора комплекса параметров для диагностирования, а также технических требований к параметрам штатной и аварийной диагностики, точности и достоверности диагностической информации увязываются с потенциальной опасностью объектов и имеющими в данном случае место рисками. При выборе параметров, обладающих прогностическими свойствами для оценки ресурса, контроля, измерения и представления, приоритет должен отдаваться контролируемым параметрам системами ранней и предаварийной диагностики и мониторинга. Для развития упреждающей диагностики и прогнозирования состояния опасных объектов следует использовать основные компоненты временных рядов и шкал рисков, а также возможности их исследования и нормирования.

В перспективных методах диагностики и мониторинга состояния и рисков особое место принадлежит методам нелинейной динамики для математической обработки динамических рядов, применению компьютерных технологий, теории подобия и фракталов в многокритериальном и многомерном исследовании упреждающей диагностики объектов, связанных с системами аварийной защиты.

Междисциплинарная, межатраслевая и межобъектовая методология оценки исходного и остаточного ресурса является научно-методической базой для про-

дления сроков безопасной эксплуатации. Она основывается на развитии научно обоснованных расчетных и экспериментальных унифицированных методов оценки, обоснования, нормирования, регулирования и контроля за параметрами исходного, остаточного и продленного ресурса. Научные и прикладные задачи такого развития сводятся к расчетам, диагностике, мониторингу и управлению ресурсом безопасной эксплуатации с использованием определяющих уравнений и параметров состояния и рисков отказов, аварий и катастроф, в первую очередь для всех объектов техносферы — объектов технического регулирования (ОТР), опасных производственных объектов (ОПО), критически (КВО) и стратегически (СВО) важных объектов.

Совершенствование методов продления ресурса и срока службы, повышения и регулирования безопасности с учетом стимулирования инновационной деятельности при создании и функционировании объектов должно проводиться с применением новой комплексной фундаментальной междисциплинарной и межотраслевой критериальной базы для достижения двух стратегических приоритетов страны — повышения социально-экономического уровня и обеспечения национальной безопасности.

Нормирование и регулирование рисков при продлении ресурса и сроков безопасной эксплуатации объектов инфраструктуры предусматривают количе-

ственный учет опасностей и рисков функционирования всех указанных типов объектов для всех видов ситуаций — штатных, аварийных и катастрофических. Конечными целями комплексного анализа ресурса в этих случаях должны быть установление обобщенных связей характеристик проектных технологических решений и эффективности эксплуатации объектов, а также научное обоснование пути назначения повышенного исходного, остаточного и продленного ресурса в области приемлемых рисков и защищенности объектов от аварий и катастроф.

С учетом изложенного журнал «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» предполагает дальнейшее изложение углубленных результатов фундаментальных и прикладных исследований в области совершенствования физических и механических методов испытаний для определения базовых параметров ресурса безопасной эксплуатации объектов жизнеобеспечения и жизнедеятельности с учетом свойств конструкционных материалов, состояния ответственных элементов этих объектов как по традиционным критериям прочности, долговечности и живучести, так и с привлечением к решению этой проблемы критериев риска, характеризующих условия возникновения аварийных и катастрофических ситуаций и регламентирующих приемлемую защищенность человека, природы и техносферы в этих ситуациях.