

Колонка редколлегии

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОМ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ

© Н. А. Махутов

Анализ остаточного ресурса безопасной эксплуатации инженерной инфраструктуры, обеспечивающей жизнедеятельность, является основой существования и развития общества, государства и каждого человека в отдельности. Отказы, аварии и катастрофы на объектах техносферы могут наносить существенные ущербы человеку, инфраструктуре и окружающей природной среде. По мере усложнения компонентов инфраструктуры и условий их функционирования возрастают вероятности возникновения неблагоприятных и чрезвычайных ситуаций, заключающихся в причинении вреда здоровью людей, их гибели, в повреждении и разрушении объектов, нанесении непоправимых негативных воздействий на среду обитания.

Анализ показал, что при оценках остаточного ресурса после 50 — 60 % выработки исходного ресурса подлежат определению и учету соответствующие критериальные характеристики ресурса и предельных состояний (условия перехода от исходных штатных состояний к предельным состояниям, а также типы предельных состояний).

Риски как интегральные показатели указанных вероятностей и потерь в последние десятилетия непрерывно возрастают, и этот рост значительно опережает экономические и научно-технологические возможности человечества по их снижению. Начиная со второй половины прошлого столетия появились риски возникновения тяжелых техногенных катастроф, причем не только на опасных производствах, но и на критически и стратегически важных для национальной безопасности объектах. В последние десятилетия к числу таких катастроф можно отнести аварии на атомных электростанциях ТМА (США), ЧАЭС (СССР), Фукусима-1 (Япония), на химических предприятиях Бхопал (Индия), на морских платформах в Мексиканском заливе (США), в Северном море (Норвегия), в Охотском море (Россия), на объектах ракетно-космического комплекса «Колумбия», «Челленджер» (США), Н1, «Восход», «Протон» (СССР, Россия), на атомных подводных лодках «Трешер» (США), «Комсомолец» (СССР), «Курск» (Россия), на объектах железнодорожного, воздушного и водного, а также трубопроводного транспорта, горно-добывающего и строительного комплексов.

Важно подчеркнуть, что названные выше техногенные аварии и катастрофы часто происходили в тот отрезок времени, когда назначенный срок службы поврежденных или разрушенных объектов не был исчерпан, а в целом ряде случаев степень его исчерпания не превышала 10 – 20 %. Это указывает на то, что при традиционном назначении сроков службы по экономическим амортизационным критериям не учитывались факторы усложнения объектов, технологий и условий их функционирования. В то же время затраты на поддержание технического состояния сложных систем могут значительно расти с увеличением срока эксплуатации, оказывая существенное влияние на их рентабельность. В связи с этим стала очевидной необходимость перехода от назначенных сроков службы по экономическим показателям к использованию показателя рассчитанного и экспериментально обоснованного ресурса безопасной эксплуатации. Выбор оптимального соотношения между уровнями рисков и затратами на определение, регулирование, обеспечение и повышение ресурса позволит не только снизить уровень рисков до необходимого, но и увеличить эффективность использования средств, направленных на достижение этой цели.

Взаимоувязанные проблемы исходного, исчерпанного, остаточного и продленного ресурса стали одними из доминирующих факторов в научно-технической и

социально-экономической политике мирового сообщества, отдельных государств и отраслей также и потому, что в последние годы стали снижаться (а иногда и отсутствовать) экономические и технологические возможности планового вывода из эксплуатации опасных производственных, критически и стратегически важных объектов инфраструктуры после выработки ими 50 – 100 % назначенного срока службы. Это особенно коснулось нашей страны после известных социально-политических и экономических событий 90-х годов прошлого века. В этот период особенно остро встала задача продления ресурса.

Сказанное выше позволяет выделить из общих проблем определения, назначения и продления ресурса безопасной эксплуатации высокорисковых объектов принципиально важную задачу — оценку остаточного ресурса не только после различных степеней выработки назначенного срока службы, но и за его пределами. В ряде наиболее важных отраслей (энергетической, авиационной, атомной, нефтегазохимической, строительной) речь идет о необходимости продления сроков службы от 110 – 120 до 200 – 500 % по сравнению с первоначально назначенными. С одной стороны, это дает значительный экономический эффект, а с другой — увеличивает риски дальнейшего функционирования соответствующих объектов, способные резко снизить этот расчетный экономический эффект или даже превзойти его.

Промышленные аварии и катастрофы последнего времени (в частности, на предприятиях нефтегазохимического комплекса, железнодорожного транспорта, в авиационной технике, на морских судах и платформах) выявили особую важность проблем продления ресурса эксплуатации и установления межремонтного периода.

РАН, МЧС России, Минпромторг России, Минэнерго России, Минтранс России, Росстандарт России в своих планах предусматривают новые научные прикладные разработки по комплексному исследованию всех составляющих общего ресурса — исходного, исчерпанного, остаточного и продленного.

Учитывая современное состояние национальной безопасности, экономики, законодательства, науки, техники и технологий в области проектирования, создания и эксплуатации многочисленных объектов инфраструктуры страны, главными признаны следующие вопросы оценки и регулирования исходного и остаточного ресурсов:

- определение состояния выработки исходных расчетных и назначенных исходных сроков эксплуатации жизненно важных объектов;

- разработка унифицированных научных основ определения всех показателей ресурса объектов техносферы;

- модернизация систем технической диагностики и мониторинга состояния объектов на разных стадиях исчерпания ресурса;

- формулировка методологии оценки и продления сроков безопасной эксплуатации;

- нормирование и регулирование рисков при оценке исходного и продленного сроков эксплуатации объектов инфраструктуры.

Комплексный расчетно-экспериментальный анализ исходного и остаточного ресурсов в качестве исходных позиций требует создания базы по развитию методов экспериментальной механики и оценки условий накопления эксплуатационных повреждений, а также изучения условий перехода в предельные состояния с учетом критериев трещиностойкости и живучести. Этот анализ включает расчетно-экспериментальное обоснование прочности, ресурса и 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 по прочности и долговечности, изучение вероятностей достижения предельных состояний, оценку рисков аварий и катастроф.

При оценке остаточного ресурса по сопротивлению циклическому разрушению анализу подлежат характеристики сопротивления циклическому разрушению, величины циклических напряжений, асимметрии цикла и чисел циклов, концентрация напряжений, циклические свойства материала, температуры, специальные условия нагружения, остаточные напряжения и деформации. По этим данным определяют расчетные процессы и параметры воздействий, разрушающие напряжения и долговечность. Основой такого определения служат соответствующие расчетные зависимости (уравнения состояния, кривые деформирования и разрушения, деформационные и силовые критерии). В уточненных расчетах учитывают зоны сварных соединений и наплавов, пластическое деформирование элементов конструкций, многообразие эксплуатационных воздействий, рассеяние характеристик механических свойств.

Построение расчетных кривых (допускаемых амплитуд напряжений и долговечности при циклическом нагружении, а также максимальных напряжений и времени до разрушения при длительном нагружении) используют для оценки исходного и остаточного ресурсов на базе схематизации истории нагружения, расчетных схем и расчетных случаев. Исходный и остаточный ресурсы определяют путем приближенного и уточненного расчетов.

Концепция оценки, диагностирования и прогнозирования ресурса объектов с учетом объемов технического диагностирования увязывается с выбором параметров состояния по степени износа и исчерпания ресурса. К числу определяющих факторов и параметров, влияющих на ресурс, относят предельные отклонения толщины стенок и погрешностей измерения,

этапность прогнозирования ресурса, результаты ресурсно-прочностных исследований, объемы диагностирования объектов, влияние эффективности технической диагностики на степень опасности разрушения.

Значительный отечественный и зарубежный опыт в области анализа, регулирования и обеспечения надежности и сроков службы останется значимым в дальнейших разработках. Это относится к таким базовым понятиям, как безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, оперативная готовность. На их основе строится ряд важных критериев обеспечения, в первую очередь — заданного срока службы:

критерии предельного состояния, применяемые при анализе исправных, неисправных, работоспособных и неработоспособных состояний;

критерии отказов, используемые при их классификации (зависимые, внезапные, постепенные, конструкционные, производственные);

критерии надежности (наработка на отказ, наработка между отказами, интенсивность и потоки отказов, коэффициенты оперативной готовности, технического использования, резервирования).

Для научно обоснованного управления ресурсом безопасной эксплуатации в настоящее время и в перспективе представляется необходимым:

создать соответствующую правовую и нормативно-техническую базу согласованного регулирования, нормирования и надзора за ресурсом в зоне приемлемых рисков;

возродить в отечественной практике с привлечением академических и головных институтов и конструкторских бюро количественный расчетно-экспериментальный подход к определению исходного, остаточного и продленного ресурсов, зарекомендовавший себя в атомной и тепловой энергетике, авиации, нефтегазохимии, магистральном трубопроводном транспорте;

сформировать и совершенствовать методы и средства технической диагностики и мониторинга состояния и рисков на всех стадиях жизненного цикла потенциально опасных проектируемых, строящихся и эксплуатируемых объектов;

предусмотреть выделение из парков однотипных объектов объектов-лидеров с повышенными уровнями контроля, диагностики и мониторинга их состояния для обоснованного принятия решений о ресурсе и рисках;

разработать технологии упреждающей диагностики и мониторинга при решении вопросов продления ресурса безопасной эксплуатации с использованием критериев риска;

обобщить опыт передовых отраслей техники по совершенствованию и применению технологий восстановления ресурса путем локального упрочнения в опасных и повреждаемых зонах, регулирования и смягчения режимов эксплуатации;

создать в системах РАН, Ростехнадзора, МЧС России, Росстандарта, в отраслях и корпорациях соответствующие подразделения, решающие вопросы управления риском.

Тематика статей раздела «Механика материалов: прочность, ресурс, безопасность» — научные исследования в области анализа подходов к определению и управлению ресурсом по критериям прочности и механики разрушения с использованием результатов испытаний конструкционных материалов на прочность, трещиностойкость, надежность, долговечность. В этом направлении важными являются также публикации по вопросам испытаний и диагностики состояний конструкций по критериям кратковременной и длительной прочности, ползучести, малоциклового и термической усталости, многоциклового усталости, трения и износа. В связи с анализом напряженно-деформированных состояний актуальны также результаты как экспериментальных методов исследования, включая механические испытания образцов конструкционных материалов, исследования натуральных элементов конструкций и их моделей методами фотоупругости, голографии, электронной цифровой спекл-интерферометрии, так и расчетных методов, использующих численные решения и компьютерное моделирование. Ряд отдельных вопросов комплексного анализа ресурса рассмотрен в рамках многотомной (49 томов) серии «Безопасность России» (1998 – 2015 гг.).

В то же время выполненные к настоящему времени исследования не исчерпывают всю сложность и значимость определения, регулирования, обеспечения и повышения ресурса для дальнейшего развития инфраструктуры жизнедеятельности страны. Интенсивно накапливаемый опыт обобщения новых научных результатов по определению исходного и остаточного ресурсов объектов техносферы во многих случаях позволит в будущем с использованием показателей риска вывести реальные секторы экономики страны на требуемый уровень национальной безопасности и технологической независимости. При таком подходе можно рассчитывать на более высокий уровень комплексного решения проблем ресурса высокорисковых объектов в атомной, тепловой и гидравлической энергетике, в ракетно-космическом комплексе, в авиации, нефтегазохимическом комплексе, на транспорте и в строительстве.