

Есенжолов Ерасыл Молдагазыұлы

магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический

университет им. Жангир хана

г. Уральск, Республика Казахстан

РИСКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема безопасности энергетического оборудования и возможных рисков. Результаты научного анализа условий перехода объектов энергетики (атомной, тепловой, гидравлической) от штатных к аварийным катастрофическим ситуациям показывают, что эти условия в значительной степени определяются как самими рабочими процессами в анализируемых объектах, так и внешними по отношению к ним воздействиями, что сопровождается резким возрастанием рисков. Важное значение для анализа, обеспечения и повышения безопасности энергооборудования в рамках доминирующих и действующих концепций, стратегий, запасов, норм и регламентов имеет уровень научно-практического обоснования прогнозируемых и приемлемых рисков, характеризующих в общем случае штатных и предельных состояний рассматриваемых объектов. Знание параметров вероятностей возникновения чрезвычайных ситуаций и ожидаемых при этом ущербов позволяет определить значения соответствующих рисков, а также построить кривые их критических (неприемлемых) и допускаемых (приемлемых) значений. Стратегия решения современных для объектов атомной энергетики проблем в рассматриваемом направлении определяет и закрепляет переход на анализ рисков и управление ими как на основополагающую систему регулирования и обеспечения безопасных условий эксплуатации в дополнение к существующим подходам, базирующимся, в основном, на параметрах прочности и ресурса.

Ключевые слова: прочность, ресурс, риск, безопасность, механика, катастроф, предельные состояния, отказы, аварии, катастрофы, вероятность, ущерб, диагностика, мониторинг, энергоустановки.

Эксплуатация энергетического оборудования в различных отраслях техносферы, включая собственно энергетику, нефтегазохимию, транспорт и др., сопряжена с детальным анализом комплекса проблем прочности, ресурса, надёжность, живучести, безопасность и защищённости. Ресурс безопасной эксплуатации энергетических установок является не только основой материальной составляющей энергообеспечения жизнедеятельности, но и источником возможных опасностей и угроз.

Отказы, аварии и катастрофы на рассматриваемых объектах могут наносить существенный ущерб человеку, инфраструктуре и окружающей природной среде. При этом по мере повышения сложности оборудования, технологического процесса и условий его функционирования возрастают вероятности возникновения неблагоприятных и чрезвычайных ситуаций, а также сопутствующих им потерь, выражающихся в гибели людей, ущербе их здоровью, в повреждении и разрушении самих объектов, нанесении непоправимых негативных воздействий среде обитания [1–3].

Соответствующий анализ, выполненный в системе АН СССР, РАН (ИМАШ, ИПМех, ИВТАН), Минэнерго (ЦКТИ, ВТИ, ЦНИИТМАШ), Минатома (НИКИЭТ, ОКБ ГП, ВНИИАЭС, ОКБМ, ФЭИ), показывает, что при оценках остаточного ресурса и дальнейшей безопасной эксплуатации после 50–60% выработки исходного ресурса необходимы определение и учет соответствующих критериальных характеристик срока службы и условий достижения предельных состояний (условия перехода от исходных штатных состояний к предельным состояниям, а также типы предельных состояний) [2–5].

Как показали результаты фундаментальных и прикладных исследований в области применения концепции риска для определения текущих параметров состояния элементов высокорисковых конструкций и условий возникновения и развития при их эксплуатации нештатных, чрезвычайных, аварийных и катастрофических ситуаций, качественное и количественное описание сценариев и последствий достижения предельных состояний с возникновением аварий и

катастроф может быть осуществлено на базе использования фундаментальных закономерностей теории безопасности и катастроф (рис. 1) [1; 2].

При этом стадии инициирования и развития аварийных и катастрофических ситуаций могут характеризоваться различным сочетанием механических, физических, химических, биологических поражающих и повреждающих факторов с широким спектром появления их последствий в сложной социально-природно-техногенной системе.

Опасные физические, химические, биологические и механические процессы, имеющие место даже при штатных условиях функционирования объектов, определяют краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные последствия для жизнедеятельности и жизнеобеспечения. Результаты научного анализа условий перехода от штатных к аварийным и катастрофическим ситуациям показывают, что эти условия в значительной степени определяются как самими рабочими процессами в анализируемых технических системах, так и внешними по отношению к ним воздействиями, что сопровождается резким возрастанием рисков. Такие воздействия характеризуются также комплексом специфических факторов, описываемых физическими, химическими, биологическими, географическими, экономическими, социологическими аспектами аварийных и катастрофических явлений на основе математического представления соответствующих сценариев их возникновения, развития и парирования.

Сказанное в полной мере обуславливает необходимость привлечения в алгоритмы построения опасных сценарных процессов и описания условий достижения предельных состояний на базе результатов новых фундаментальных исследований и прикладных разработок:

- математическое теории катастроф и вероятностной теории рисков;
- физика, химии и механики аварийных ситуаций и катастроф;
- теории предельных состояний, прочности и ресурса с учётом аварийных и катастрофических ситуаций;

- теории жёсткой, функциональной и комбинированной аварийной защиты объектов, опреторов и персонала;
- теории встроенного и дистанционного мониторинга и прогнозирования (с применением космических, воздушных и наземных систем) сценариев и последствий техногенных катастроф;
- научных методов, технологий и техники ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Нелинейную механику деформирования и разрушения и механику катастроф как фундаментальную научную дисциплину следует рассматривать в качестве научной основы анализа источников возникновения и построения сценариев развития аварийных и катастрофических ситуаций на высокорисковых объектах с повышенной потенциальной опасностью, включая указанные объекты энергетики, их проектирование по традиционным и новым критериям безопасности, а также принятие решений о допустимости реализации новых проектов и о возможности продления ресурса безопасной эксплуатации существующих [2].

Исключительно важное значение для анализа, обеспечения и повышения безопасности энергетического оборудования в рамках доминирующих и действующих концепций, стратегий, норм, регламентов и запасов имеет уровень научного-практического обоснования прогнозируемых и приемлемых рисков, характеризующих в общем случае штатные и предельные состояния рассматриваемых объектов.

Комплексный расчётно-экспериментальный анализ исходного и остаточного ресурсов базируется в первую очередь на оценке условий накопления эксплуатационных повреждений, а также на изучении условий перехода в предельные состояния с учётом критериев пресности, трещин стойкости и живучести (таблица). В этот анализ включаются расчётно-экспериментальное обоснование статической, длительной и циклической прочности, ресурса и рисков при штатных и нештатных ситуациях. Выбор типов предельных состояний, расчётных схем и расчётных случаев, расчётных

характеристик и методов анализа напряжённо-деформированных состояний, методов диагностики технического состояния, назначения запасов по прочности и по долговечности, изучение вероятностей достижения предельных состояний, оценка рисков аварий и катастроф [2–10].

При оценке остаточного ресурса по сопротивлению циклическому разрушению подлежат анализу характеристики сопротивления циклическому разрушению, величины циклических напряжений, асимметрии цикла и чисел циклов, концентрация напряжений, циклические свойства материала, температуры, специальные условия нагружения, остаточные напряжения и деформаций. По этим данным определяются расчётные процессы и параметры воздействий, разрушающие напряжения и долговечность [2; 6–10]. Основой такого определения служат соответствующие расчётные зависимости (уравнения состояния, кривые деформирования и разрушения, деформационные и силовые критерии). В уточнённых расчётах учитываются зоны сварных соединений и наплавки, пластическое деформирование элементов конструкций, многообразие эксплуатационных воздействий, рассеяние характеристик механических свойств.

Построение расчётных кривых (допускаемых амплитуд напряжений и долговечности при циклическом нагружении, а также максимальных напряжений и времени до разрушения при длительном нагружении) используется для оценки исходного и остаточного ресурсов на базе схематизации истории нагружения, расчётных схем и расчётных случаев. Исходный и остаточный ресурсы определяются в двух вариантах: при приближённом и уточнённом расчётах.

Концепция оценки, диагностирования и прогнозирования ресурса объектов с учётом объёмов технического диагностирования увязывается с выбором параметров состояния по степени износа и истощения ресурса. К числу определяющих факторов и параметров, влияющих на ресурс, отнесены предельные отклонения геометрических форм, размеров и погрешностей измерения, этапность прогнозирования ресурса, результаты ресурсно-прочностных исследований,

объёмы диагностирования объектов, влияние эффективности технической диагностики на степень опасности разрушения.

Возникновение и развитие практически всех нештатных ситуаций на энергоустановках начинается с повреждений их несущих элементов (разрушение, деформирование, разуплотнение, потеря устойчивости), в связи с чем в процессе анализа его состояния, включая текущие характеристики прочности и ресурса, подлежат обязательному определению максимальные ($\sigma_{\max}$, $e_{\max}$, $t_{\max}$) и амплитудные (σ_a , e_a , t_a) значения базовых параметров нагруженности этих элементов – локальных и номинальных напряжений, деформаций, температур, а также соответствующие этому состоянию механические свойства материала [2–6; 9; 10].

Выводы

Определение характеристик прочности и ресурса по условиям обеспечения безопасности и защищённости в эксплуатации энергоустановок и оборудования силовых и деформационных критериев образования и развития разрушения.

Параметрами таких критериев являются данные о типах конструкционных материалов, о стандартных и специальных характеристиках их механических свойств, данные о конструктивных формах рассматриваемых элементов и об их эксплуатационной нагруженности. При этом построение системы уравнений состояния для описания взаимосвязи текущих повреждений, внешних воздействий и реакции на них должно осуществляться на базе концепции учёта изменения свойств материалов на всех стадиях жизненного цикла.

Использование для достижения поставленной цели на стадиях проектирования и эксплуатации критериев риска, в состав ключевых параметров которых входят и характеристики прочности и ресурса, позволяет как применять их в качестве универсального подхода к определению условий безопасной эксплуатации энергооборудования, так и управлять разработкой и реализацией мероприятий по снижению опасных уровней названных условий на всех стадиях жизненного цикла.

Список литературы

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты: Многотомное издание / науч. руков. чл.-кор. РА Н.А. Махутов. – М.: Знание, 1998–2015. – Т. 1–50.
2. Махутов Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования / Н.А. Махутов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 528 с.
3. Махутов Н.А. Проблемы прочности и безопасности водо-водяных энергетических реакторов / Н.А. Махутов, К.В. Фролов, Ю.Г. Драгунов [и др.]; под ред. Н.А. Махутова, М.М. Гаденина. – М.: Наука, 2008. – 446 с.
4. Махутов Н.А. Комплексные расчётно-экспериментальные методы оценки штатных и предельных состояний высокорисковых объектов: Сборник докладов сессии Научного совета РАН по автоматизированным системам диагностики и испытаний / Н.А. Махутов, М.М. Гаденин. – М.: Спектр, 2014. – С. 34–57.
5. Гаденин М.М. Характеристики механических свойств материалов в анализе условий достижение предельных состояний / М.М. Гаденин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – Т. 78. – №2 – С. 58–63.