

Литература

1. Болкисев В.С., Сухов Р.И., Болкисева Ю.В. Вопросы определения продолжительности безопасной эксплуатации карьерных буровых станков после окончания установленного срока службы // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 6. С. 33-37
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.1997 г.
3. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные приказом Ростехнадзора от 14.11.2013 г. № 538.

УДК 539.4 : 64.066.8 : 303.732.4

РАЗВИТИЕ СИТУАЦИОННОГО ПОДХОДА К СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ЗАДАЧАМ АНАЛИЗА ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Рейзмунт Е.М.

Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал, г. Красноярск

В течение жизненного цикла технических объектов неоднократно возникают проблемные ситуации, требующие обоснования и принятия решений относительно методов проектирования и анализа, выбора конструктивных вариантов, возможности длительной безопасной эксплуатации, установления причин и условий повреждений и разрушений, возможности применения конструкции, не соответствующей нормативным требованиям и т.п. Ситуации эти весьма разнообразны, определяются как отраслевой спецификой технических объектов, так и естественными процессами в природе (комплекс внешних воздействий природного происхождения) и обществе (комплекс социально-экономических факторов). В силу этого разнообразия не представляется возможным разработка детерминированного подхода к разрешению возникающих проблемных ситуаций, однако практически может быть полезным накопление, систематизация решенных задач и использование их в качестве шаблонов (образцов), которыми можно воспользоваться при анализе и принятии решений в аналогичных ситуациях. Такой подход относится к области ситуационного анализа (в западной терминологии case studies) и широко используется при разрешении проблемных ситуаций преимущественно в социально-экономической сфере. Однако, и в сфере технических приложений он начинает использоваться все более широко и показывает высокую эффективность [1-4].

Общепринято разделять все задачи на три типа: хорошо структурированные, слабо структурированные и неструктурированные [5]. Хорошо структурированные задачи не относятся к проблемным ситуациям, являются рутинными и решаются стандартными методами. Слабо структурированные задачи являются предметом системного анализа и системных исследований, требуют в каждом конкретном случае «сборки» подхода к решению с использованием разнородных приемов, процедур, методов. Слабая структурированность этих задач выражена в недостаточных а) ясности, обозначенности их постановки; б) степени детализации и конкретизации представлений об их составляющих и взаимосвязях; в) соотношении количественных и качественных факторов, отмечаемых в постановке проблемы [5]. Реализация системных исследований в форме ситуационного анализа приводит к развитию практической методологии разрешения про-

блемных ситуаций применительно как к отдельным классам (типам) технических объектов, так и к техносфере в целом.

Применительно к широко распространенному классу технических систем – силовым (несущим) конструкциям технических объектов – минимальный перечень слабоструктурированных задач возникает в ситуации принятия решения при:

- оптимизации и сравнительном анализе конструктивных вариантов (затруднения связаны преимущественно со слабым развитием многокритериального выбора в технических приложениях);

- исследовании конструкционной прочности (затруднения обусловлены преимущественно структурной сложностью объекта анализа);

- исследовании конструкционной живучести и безопасности (затруднения связаны преимущественно со слабым развитием критериальной базы живучести и безопасности);

- исследовании сценариев аварийных разрушений и катастроф (затруднения связаны преимущественно со сложностью решения обратных задач).

Рассмотрим далее более подробно опыт решения слабоструктурированных задач конструкционной живучести и безопасности. Слабое развитие критериальной базы живучести и безопасности структурно сложных конструкций привело к необходимости формулировок как количественных (детерминированных), так и нечетких и качественных характеристик живучести и безопасности.

Эти характеристики систематизированы для одного из классов технических объектов – силовых оболочечных конструкций – и представлены в форме информационной системы [6]. С использованием этих характеристик сформулированы (формализованы) постановки прикладных задач. Выборочно рассмотрим некоторые из них.

В качестве примера количественной характеристики безопасности можно привести фактические коэффициенты запаса как характеристику защищенности. Множественный критерий, предполагающий одновременное использование системы фактических коэффициентов запаса относительно критических параметров, соответствующих наступлению одного или нескольких предельных состояний. Таким образом количественно оценивается уровень защищенности от наступления предельных состояний, порождающих опасные состояния объекта, с учетом его отраслевой специфики, конструктивных и технических особенностей.

Этой характеристике можно поставить в соответствие ряд возможных постановок задач.

Постановка 1. Выполнить анализ полей напряжений и фактических коэффициентов запаса типичных конфигураций оболочечных конструкций.

Постановка 2. Для технического объекта с дефектом сплошности, характеризующимся множеством Q геометрических характеристик, оценить возможность инициации разрушения в области дефекта (по критерию прочности) (задача оценки возможности инициации разрушения в области дефекта по критерию прочности).

Постановка 3. Выбрать перечень количественных и качественных критериев для сравнительного анализа альтернативных конструктивных вариантов и проранжировать их в порядковой шкале по этим критериям (задача ранжирования по количественным и качественным критериям).

Постановка 4. Для силовой конструкции технического объекта найти уровни нагружения F_i , превышающие проектные значения F_d ($F_i > F_d$, $i = 1, \dots, N$) и приводящие к возникновению N предельных состояний конструкции (задача анализа запроектного нагружения).

Постановка 5. Для силовой конструкции технического объекта при запроектном уровне нагружения определить коэффициент предельной прочности, равный отноше-

нию предельной нагрузки, соответствующей достижению предела прочности, к нагрузке, вызывающей первые упругопластическую деформации (задача определения коэффициента предельной прочности).

Постановка 6. Для силовой конструкции технического объекта при изменении уровня нагружения в запроектом диапазоне до предельных значений получить данные о характере зон упругопластического деформирования (задача получения данных о характере зон упругопластического деформирования).

Примером нечеткой характеристики безопасности является степень адекватности применяемых расчетных схем. Данная характеристика основана на предположении, что допущения и упрощения, положенные в разработку аналитических расчетных схем, при использовании в расчетах объектов сложной геометрии приводят к систематической погрешности в оценках напряженно-деформированного состояния, следствием чего является опасность возникновения аварийных состояний и разрушений. Степень адекватности расчетных схем оценивается на базе аппарата нечетких множеств по результатам сравнительного анализа численных, экспериментальных, аналитических оценок напряженно-деформированного состояния, и принимает значения «очень низкая», «низкая», «удовлетворительная», «высокая», «очень высокая».

Соответствующие этой характеристике безопасности возможные постановки задач:

Постановка 1. Выполнить численный анализ напряженно-деформированного состояния оболочки с целью определения степени адекватности применяемых расчетных схем.

Постановка 2. Выполнить сравнительный анализ напряженных состояний оболочечных элементов силовой конструкции технического объекта, полученных по результатам следующих расчетов: расчет напряженно-деформированного состояния отдельных оболочечных элементов аналитический (выполненный по нормативам) и с помощью метода конечных элементов, всей конструкции в сборе без отверстий и патрубков с учетом отверстий и патрубков, с учетом конфигурации обвязки (задача сравнительного анализа напряженных состояний и системного эффекта деформирования оболочечных элементов).

В качестве примера качественной характеристики живучести приведем оценку стадийности развития поврежденных зон до нарушения конструкционной целостности. Данная характеристика основана на структурном анализе повреждаемости конструкционного материала путем введения в рассмотрение последовательности качественно описываемых поврежденных состояний конструкции с разграничением их с использованием конструктивно-технических характеристик поврежденности. Примерами таковых являются «возникновение поврежденной зоны в элементе конструкции», «распространение поврежденной зоны на смежный элемент конструкции», «развитие поврежденной зоны по всему сечению элемента конструкции», «слияние нескольких поврежденных зон» и т.п. Большое количество последовательно возникающих качественно описываемых поврежденных состояний конструкции до катастрофического разрушения соответствует большей ее живучести.

Этой характеристике ставится в соответствие следующая постановка задачи.

Для силовой конструкции технического объекта при изменении уровня нагружения в запроектом диапазоне до предельных значений получить данные о характере зон упругопластического деформирования (задача получения данных о характере зон упругопластического деформирования).

Систематизация характеристик живучести и безопасности и формулировка с их использованием формализованных постановок прикладных задач повышает степень структурированности проблемных ситуаций для оболочечных конструкций техниче-

ских объектов, требующих обоснования и принятия решения. Это выражается в том, что в явном виде формулируется постановка задачи (пусть в некоторых случаях и в чисто вербальной форме), детализируются и конкретизируются представления о взаимосвязях отдельных факторов, сформулированных в количественных, нечетких, качественных определениях. Таким образом, накопленный опыт решения прикладных задач живучести и безопасности, оформленный в виде информационной системы, можно рассматривать в качестве инструментария (репозитория) ситуационного анализа.

Литература

1. A case study on failure of AISI 347H stabilized stainless steel pipe in a petrochemical plant / M. Ghalambaz, M. Abdollahi, A. Eslami, A. Bahram // Case Studies in Engineering Failure Analysis. 2017. Vol. 9. pp. 52-62.
2. A case study of sample entropy analysis to the fault detection of bearing in wind turbine / Q. Ni, K. Feng, K. Wang, B. Yang et al. // Case Studies in Engineering Failure Analysis. 2017. Vol. 9. pp. 99-111.
3. Case study of severe strip breakeage in rolling mill of Thin Slab Casting and Rolling (TSCR) shop of TATA Steel, Jamshedpur / D. Bhattacharya, A. Mishra, G.P. Poddar, S. Misra // Case Studies in Engineering Failure Analysis. 2016. Vol. 5-6. pp. 15-22.
4. Clegg R. Case studies in engineering failure analysis // Case Studies in Engineering Failure Analysis. 2013. Vol. 1, iv.
5. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа : Учеб. Пособие. Сб. : Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. 326 с.
6. URL: <https://sites.google.com/site/informsistemaprikladnyhzadac/home> (дата обращения 12.06.2018)

УДК 539.4: 669.14.018.262

АКУСТИКО – ЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИП – СТАЛИ ВНС9-Ш В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМАЦИИ ОБРАЗЦОВ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ АУСТЕНИТА И МАРТЕНСИТА ДЕФОРМАЦИИ

Рошупкин В.В., Терентьев В.Ф., Пенкин А.Г., Покрасин М.А.,
Пенкин М.А., Минина Н.А.

Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, г. Москва

С использованием метода акустической эмиссии (АЭ) проведены исследования особенностей деформации и разрушения при статическом растяжении образцов тонколистовой (толщиной 0,3 мм) аустенитно-мартенситной трип-стали ВНС9-Ш (0,25 С; 14,5-16,0 Cr; 4,8-5,8 Ni; 2,7-3,2 Mo; Mn ≤1,0; Si ≤0,6; 0,03-0,07 N; S ≤0,01; P≤0,015; Fe-основа, % мас.) в трёх структурных состояниях, определенных методом рентгеноструктурного анализа поверхностных слоёв: состояние I (закалка) – 100% аустенитной фазы; состояние II (холодная прокатка) с равным соотношением аустенитной и мартенситной фаз – 50/50%; состояние III (холодная прокатка) – 100% мартенситной фазы.

Испытания на статическое растяжение со скоростью 5 мм/мин. при комнатной температуре осуществляли с использованием плоских образцов (рис. 1) с рабочей частью 20x20 мм на электромеханической 10-тонной машине Instron 3382. Исследование АЭ образцов трип – стали ВНС9-Ш проводилось с использованием акустико-