



Обеспечение промышленной безопасности на этапе проектирования ответственного оборудования нефтехимического производства

№ 5 (19) май 2008

Рубрика - Энергобезопасность и энергосбережение

Спонсор статьи - ООО "Делкам-Урал"

Технология сочетания компьютерного моделирования проектируемого изделия с экспериментальным подтверждением адекватности принятых конструкторских решений и расчетных моделей при сокращенном объеме экспериментальных исследований является для современного предприятия наиболее оптимальной в существующих условиях развития производства. Существенно снижая материальные издержки при подготовке к производству новой и конкурентоспособной техники с обеспечением высокого уровня ее технико-экономических показателей, такая технология позволяет предприятию делать более крупные инвестиции в свое развитие. В дальнейшем при проектировании аналогичных конструкций и устройств необходимость проведения экспериментов на натурных образцах не требуется, достаточно подтверждения ее технических характеристик на компьютерных моделях.

**Мальцев
Дмитрий Анатольевич,
руководитель
инженерного
направления
ООО "Делкам-Урал"**

**Осин
Владимир Анатольевич,
зам. генеральног
директора по развитию
ОАО "Курганхиммаш"**

**Ячменев
Александр Павлович,
главный конструктор
ОАО "Курганхиммаш"**

**Ребрин
Михаил Алексеевич,
к.т.н., руководитель
группы прочности, ФГУП
"ПО Маяк"**

В современных условиях развития общества охрана окружающей среды обитания человека требует все большего внимания. В связи с этим для промышленных изделий повышенной опасности воздействия на окружающую среду требуется обеспечение гарантий безаварийной работы в течение установленного конструктором ресурса эксплуатации. От правильности назначения ресурса эксплуатации нового изделия зависит во многом конкурентоспособность предприятия на современном рынке товаров и услуг.

Современные достижения развития вычислительной техники в сочетании с методом конечных элементов позволяют вывести качество проектируемых промышленных изделий на принципиально новый уровень, обеспечивая гарантированную, безаварийную работу в течение установленного ресурса эксплуатации.

Программно-вычислительный комплекс ANSYS – наиболее мощный и развитый программный продукт корпорации «ANSYS Inc.» (США) – основан на применении метода конечных элементов для анализа напряженно-деформированного состояния материала конструкции любой степени сложности с учетом концентраторов напряжений и влияния краевых эффектов, полей остаточных напряжений. Надежность продукта «ANSYS Inc.» подтверждена сертификацией по международному стандарту качества ISO 9001, а программа ANSYS допущена органами Ростехнадзора России (аттестационный паспорт НТЦ по ядерной и радиационной безопасности №145 от 31.10.2002, бессрочно) для выполнения прочностного анализа ответственного оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, оборудования радиохимических производств.

Делкам-Урал | 620131 | Россия | Екатеринбург | ул. Metallургов, 16 «Б»
Тел.: +7 (343) 214-46-70 (многоканальный) | Факс: +7 (343) 214-46-76

e-mail: info@delcam-ural.ru www.delcam-ural.ru



Производство изделий на заказ – основа экономической деятельности современного предприятия, благодаря которому оно получает прибыль и компенсирует издержки на производство продукции. Сегодня практически каждое крупное предприятие имеет в своем составе конструкторский отдел, основной задачей которого является создание новых образцов современной, конкурентоспособной техники. В процессе разработки решаются сложнейшие вопросы проектирования, одним из которых является обеспечение технических характеристик образцов новой техники требованиям безопасной эксплуатации при минимизации издержек предприятия на изготовление, эксплуатацию, ремонт, ликвидацию последствий аварийного разрушения.

В настоящее время база нормативно-технической документации представлена двумя группами Норм прочности, используемых при проектировании и оценке прочности объектов оборудования разной степени ответственности по воздействию на общество и экологию среды обитания человека при аварийном разрушении в процессе эксплуатации.

Для предприятий с большим опытом эксплуатации выпускаемых однотипных изделий, по классификации подпадающих под ведение «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», при проектировании достаточно формального соблюдения требований норм прочности (ГОСТ 14249-89, ГОСТ 24755-89, ГОСТ 26202-84, ГОСТ 26859-83 и др.). Снижение общественных затрат труда в этой ситуации оправдывает использование упрощенных норм прочности. Однако при выпуске новых изделий и недостаточном опыте промышленной эксплуатации формальный подход к применению норм прочности ГОСТ 14249-89 потенциально требует подтверждения соответствия выбранных толщин несущих обечаек области применимости нормативных формул.

К другой группе относятся нормы, регламентирующие расчеты на прочность элементов оборудования, работающих под давлением и подлежащих ведению «Правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» (ПНАЭ Г-7-002-86), «Общих положений обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла» (РП-ОТ ЯТЦ-04). Следует отметить полную аналогичность американских норм прочности «ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Vol. III» требованиям российских норм прочности ПНАЭ Г-7-002-86.

В случае отсутствия нормативных методов расчета тех или иных несущих элементов, согласно упомянутым спецификациям норм прочности, предлагается выполнять специальные расчеты с использованием численных методов, таких как метод конечного элемента или тензометрирование натурных конструкций.

Существующие нормы выражают научно-практические достижения и инженерный опыт общества за весь период его развития. На этапе становления советского машиностроения остро стоял вопрос о создании достаточно простого инструмента советского инженера для проектирования прочных и надежных изделий народного хозяйства. От простого к сложному – таково движение человеческого познания законов сопротивления материалов, современной теории прочности и развития методов вычислительной математики (например, метода конечного элемента). Исторически сложилось так, что нормы прочности, подобные современному ГОСТ 14249-89, имеют более длительный период использования в сравнении с ПНАЭ Г-7-002-86. Базис комплекса современных норм ПНАЭ Г-7-002-86 стал формироваться в 50-е годы прошлого века.

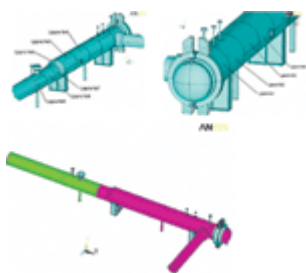


Рис.1. Общий вид твердотельной и конечноэлементной модели камеры запуска.

Нормы ГОСТ 14249-89 используются для оценки прочности гладких обечаек для наиболее напряженной точки (опасной с точки зрения статического разрушения) по среднему значению напряжения по толщине стенки – так называемого мембранного напряжения. Других напряжений по толщине оболочки не может возникнуть, поскольку для расчета напряжений используется упрощенная теория прочности – безмоментная теория. В реальных оболочках под действием внутреннего давления такое состояние наблюдается только в местах удаленных от врезок, сварных швов, присоединения опор, концентраторов и т.д.

Поскольку аналитические зависимости ГОСТ 14249-89 получены по упрощенной теории прочности, то и используют их при проектировании оборудования, разрушение которого не приводит к серьезным воздействиям на экологию среды обитания человека. Например, классический расчет укрепления отверстий выполняется по зависимостям ГОСТ 24755-89, полученным на основе геометрического баланса площадей, не имеющим связи с понятием условия статической/циклической прочности.

Аналитические зависимости ГОСТ 14249-89 не учитывают влияние концентраторов напряжений (дефекты сварных швов, остаточные напряжения, сосредоточенные нагрузки и т.д.) и разрушение конструкционного материала оболочек контура герметичности реального оборудования возможно в режимах импульсного нагружения несущих обечаек внешними нагрузками (импульсное давление, температурный удар, сосредоточенный механический удар).

Основное отличие норм ПНАЭ Г-7-002-86 от ГОСТ 14249-89 заключается в том, что, кроме оценки прочности по мембранной составляющей разрушающего напряжения, аналогичной ГОСТ 14249-89, дополнительно используется оценка разрушающего напряжения по сумме мембранной и изгибной компонентам напряжения для учета влияния концентраторов напряжений и влияния краевых эффектов на прочность (статическую и циклическую) несущих элементов в режимах статика и/или динамика, неравномерного теплового нагрева, действия сейсмических нагрузок и т.д.

При равенстве коэффициентов запасов прочности результаты расчетов по каждой группе Норм прочности (ГОСТ 14249-89 и ПНАЭ Г-7-002-86) приводят к совпадающим результатам только для случаев статически определимых конструкций, находящихся в безмоментном напряженно-деформированном состоянии, таких как нагруженные статическим (медленно изменяющимся во времени) внутренним давлением цилиндрические обечайки, выпуклые днища и конические переходы в зонах, удаленных от мест приложения сосредоточенных нагрузок, концентраторов напряжений, краевого эффекта. Например, изменения геометрических параметров: кривизны обечаек, их толщины, узлов врезок, крепления опор и т.п.; изменения механических свойств конструкционного материала несущих оболочек, зон сварных швов и т.д.

Необходимость выполнения расчета возникла в процессе разработки конструкторской документации на камеру запуска, предназначенной для эксплуатации в районах с сейсмической активностью до 10 баллов по шкале MSK-64 включительно. К технологическому оборудованию нефтепровода предъявляются повышенные требования по обеспечению безаварийной эксплуатации, а натурные виброиспытания (или проведение тензометрирования) для камеры запуска весом около 60 тонн – затруднительны. В связи с этим по рекомендациям ведущих специалистов ЦКТИ им. Ползунова (г. Москва) принято решение о выполнении компьютерного моделирования сейсмического воздействия в сочетании с одним из наиболее нагруженных рабочим режимом из перечня нормальных условий эксплуатации (НУЭ). Расчет колебаний несущих обечаек и присоединенных трубопроводов в процессе

Делкам-Урал | 620131 | Россия | Екатеринбург | ул. Металлургов, 16 «Б»
Тел.: +7 (343) 214-46-70 (многоканальный) | Факс: +7 (343) 214-46-76

