критических ситуаций, осуществлять мониторинг остаточного ресурса оборудования в режиме реального времени. В первую очередь этот комплекс направлен на мониторинг состояния аппаратов и исследования, связанные с малоцикловой усталостной прочностью толстостенных цилиндрических элементов конструкций.

Исследования проводились для конструкций с различными геометрическими параметрами, изготовленных из сталей: Ст3, 30ХНМ, Х18Н10Т и 15Х2МФА. В процессе численных экспериментов было получено большое количество экспериментальных данных и сделаны выводы.

Полученные результаты проиллюстрированы на примере конструкции со следующими параметрами: Внутренний диаметр – 200 мм, внешний диаметр – 600 мм, материал - 15Х2МФА. При проведении исследования элемент был дополнительно подвержен постоянному внутреннему давлению, равному 100 МПа. Внешняя температура и внешнее давление равнялись 0. Значение внутренней температуры изменялось от 0 до 120 °С с шагом в 5 °С.

За основной критерий надежности элемента конструкции в программном комплексе «HighPress» принята величина дефекта, которая вычисляется по предложенной в методе и алгоритме комплекса методике. Оценка по дефекту подразумевает под собой вычисление количества циклов нагружения, подобных заданному, которое может выдержать конструкция. Она осуществляется по отдельно предложенному методу, основанному на многочисленных экспериментальных данных.

По результатам численных расчетов было выявлено, что для заданного аппарата температура внутренней стенки (Твн), равная 60 °С (±5 °С), является наиболее безопасной: при такой температуре внутренней стенки дефект в элементе минимальный. Также было выявлено, что при появлении в конструкции упругопластических зон (примерно при Твн = 114 °С), резко увеличивалось значение дефекта, что было довольно предсказуемо.

Использование комплекса «HighPress» полностью оправдывает себя при решении реальных задач исследования толстостенных элементов конструкций.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ САПР ТП

Чернокнижная Е.Г.
Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург

Современные САПР ТП - это сложные системы, состоящие из многочисленных взаимосвязанных звеньев с последовательными, параллельными и обратными связями. Поведение отдельных звеньев таких систем, их воздействие друг на друга и функционирование системы в целом могут иметь детерминированный, случайный и смешанный детерминированно-стохастический характер. Проектирование и исследование таких систем требует научного подхода к решению различных задач, возникающих в процессе анализа и синтеза.

Разработчик САПР ТП должен быть специалистом в области системотехники, хорошо знать международные стандарты, состояние и тенденции развития информационных технологий (ИТ) и программных продуктов, владеть инструментальными средствами разработки приложений (CASE-средствами) и быть готовым к восприятию и анализу автоматизируемых прикладных процессов в сотрудничестве со специалистами соответствующей прикладной области.

Как собственно САПР ТП, так и ее компоненты, являются сложными системами, и при их проектировании целесообразно использовать нисходящий стиль блочно-иерархического проектирования, включающего ряд уровней и этапов.

Верхний уровень проектирования часто называют концептуальным проектированием. Его основная цель - интеллектуализация банков данных и организация интерфейса конечного пользователя с САПР ТП на уровне представлений о прикладной области, а не на уровне структур данных. Концептуальное проектирование выполняется в процессе предпроектных исследований, формулировки технического предложения, разработки эскизного проекта.

Содержанием последующих этапов нисходящего проектирования является определение перечней приобретаемого оборудования и готовых программных продуктов, построение системной среды, детальное инфологическое проектирование баз данных и их первоначального наполнения, разработка собственного оригинального программного обеспечения, которая, в свою очередь, делится на ряд этапов нисходящего проектирования.

Большое значение для создания открытых систем имеет унификация и стандартизация средств межпрограммного интерфейса, т.е. профилей САПР ТП для информационного взаимодействия программ, входящих в САПР. Профилем открытой системы называют совокупность стандартов и нормативных документов, обеспечивающих выполнение системой заданных функций. Так в профилях САПР ТП могут фигурировать язык EXPRESS стандарта STEP, стандарт графического пользовательского интерфейса Motif, унифицированный язык SQL обмена данными между различными системами управления базами данных и т.д.

При проектировании на этапе анализа применяются, в основном, два метода с использованием ЭВМ. Первый состоит в том, что разработчик использует анализирующие возможности компьютера как средства моделирования. В этом случае выполняется машинный анализ для оказания помощи разработчику. Второй метод подразумевает использование анализирующих возможностей ЭВМ для выбора оптимального решения. При этом компьютер сам изменяет входные параметры. Роль разработчика сводится в этом случае к определению параметров, которые следует изменять или оставить инвариантными.

Этап анализа завершается этапом синтеза, т.е. созданием методики решения задачи, алгоритма и программы. Этап синтеза характеризуется использованием не только информации о проблемной среде, отобранной на этапе анализа, но и использованием

уже накопленных процедурных знаний (математических методов, пакетов алгоритмов и программ). Особенно успешным использование процедурных знаний будет при декомпозиции задачи на подзадачи, решение которых уже известно.

Процесс решения любой технологической задачи невозможен без использования фактографической информации. Следовательно, отбор и эффективная организация фактографической информации является важным звеном в создании подсистем САПР ТП.

Рассматривая классификацию по форме представления знаний, отметим, что до сих пор весьма мощным средством представления знаний являются естественный язык и некоторые некомпьютерные языки, включая табличные и графические языки. Применительно к САПР ТП это справочники, стандарты технологического оснащения, технологические документы и т.д.

Повышение адаптивных свойств подсистем в этом случае достигается за счет удобных способов обращения к базе (конструктивных) знаний для ее наполнения и модификации.

Особую роль в решении задач проектирования САПР ТП сыграли и продолжают играть различные информационные технологии. В настоящее время, одной из наиболее перспективных, на наш взгляд, является так называемая CALS-технология (Compute Aided Acquisition and Life Cycle Support) – Поддержка Непрерывных Поставок и Жизненного Цикла. В этой технологии понятия *изделия* и его *жизненного цикла* являются базовыми в рассматриваемой концепции проектирования САПР ТП, так как они лежат в основе анализа организационной структуры систем, а также методологии создания открытой интегрированной производственной системы (ИПС) - Open Manufacturing System Integration (OMSI).

Предлагаемый вариант декомпозиции *жизненного цикла* (в данном случае *изделие* – это САПР ТП) включает в себя следующие фазы:

- анализ потребности;
- проектирование;
- подготовка производства;
- производство;
- лабораторные исследования;
- передача САПР ТП в эксплуатирующую организацию;
- применение САПР ТП конечными пользователями (технологами-проектировщиками) по ее прямому назначению.

Остановимся несколько подробнее на важнейшем этапе концептуального проектирования. Здесь разрабатываются детальные концептуальные модели прикладной технологической области, описывающие информационные потребности производства, особенности функционирования и т.д. Результатом являются модели двух типов - информационные, отражающие структуру и общие закономерности прикладной области, и функциональные, описывающие особенности решаемой задачи. В качестве информационного моделирования используется аппарат моделей "сущность-связь" или ER-моделей (Entity Relationship Model) [66-70]. Этот формализм позволяет представить информационные потребности в виде, наглядном и удобном для восприятия, что делает их хорошим средством коммуникации между проектировщиками и пользователями. Соответственно вводится и набор функций САПР ТП.

На основании концептуальных моделей:

- вырабатываются технические спецификации будущей системы - определяется форма представления данных, структура и состав базы данных.
- специфицируется набор программных модулей и их реализация.
- проектируется оболочка САПР ТП.

Такая процедура декомпозиции, базирующаяся на методологии структурного анализа, носит регулярный характер, что позволяет упорядочить процесс организационной структуры производства *изделия* и структурировать сам процесс управления *жизненным циклом*.

Реализация САПР ТП сохраняет логическую структуру, что:

- повышает ее понятие и облегчает в дальнейшем обучение и сопровождение;
- обеспечивает возможность распараллеливания на возможно более ранней стадии работ по проектированию и реализации системы;
- облегчается стыковка компонентов и комплексная отладка системы за счет наличия четких требований к взаимодействию подсистем и компонентов;
- облегчается развитие системы за счет возможности реализации, а так же удаления/добавления отдельных элементов при соблюдении их системных интерфейсов.

При этом изменения всегда носят "локальный" характер, изменения внутреннего механизма функционирования отдельного компонента при сохранении его внешнего поведения не нарушает целостности системы.

Таким образом, представленный подход обеспечивает возможность свободного расширения класса практических задач, решаемых САПР ТП, без ограничений на используемые при этом методы и методики, выбираемые в каждом конкретном случае проектировщиком.