

## СИСТЕМНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

к.т.н. М.М. Митрахович, д.т.н. О.Е. Федорович, к.т.н. В.М. Илюшко

Представлен новый подход к исследованию проектируемых сложных систем, основанный на системном имитационном моделировании, структурно-функциональном представлении проекта. Выделены статическая и динамическая страты исследования. Полученные результаты использованы для анализа проекта наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами Украины.

Создание сложных технических систем (СТС) связано с крупными единовременными капитальными вложениями, большой трудоемкостью, отсутствием быстрой окупаемости, привлечением для разработки специалистов самых разных профессий. Отсюда вытекает важность начальных этапов проектирования, на которых закладываются основные структурные, управленческие и другие решения.

Просчеты и ошибки, допущенные на начальных этапах проектирования, могут привести к неоправданным экономическим затратам, нерациональным решениям. Поэтому необходима разработка таких подходов и методов, которые позволят обеспечить различную степень детализации системы, учитывать многовариантность и сложную динамику функционирования СТС. Существующие методы исследования не позволяют создать достаточно адекватные для проектировщика модели, в которых бы учитывались различные аспекты функционирования СТС, многообразие возможных структур, наличие не одного, а целого набора критериев эффективности, разнообразные ограничения и условия.

Учитывая современные тенденции развития методов моделирования сложных систем, предложена методология моделирования, основанная на принципиально новой концепции имитационного моделирования в форме программного макетирования.

Предлагаемая методология системного моделирования включает в себя две связные части: статический анализ; динамический анализ.

© к.т.н. М.М. Митрахович, д.т.н. О.Е. Федорович, к.т.н. В.М. Илюшко, 1998

Статический анализ проводится для исследования и оценки многообразия вариантов проектируемой системы. С помощью эффективного использования графических методов формирования блочных структур СТС можно получить варианты с учетом модульности, разнообразия типов и конфигурации состава и структур, многослойности сложных систем управления. Использование статического анализа наиболее целесообразно на стадии предпроектного исследования при формировании целей и задач и построении блочных структур проектируемой СТС.

Полученные на первом этапе варианты детализируются и рассчитываются на втором этапе. С помощью программных макетов СТС рассчитывается ряд характеристик, оговоренных в техническом задании на проектируемую систему. Использование динамического анализа на этапах предварительного и эскизного проектирования, выбора предложений по техническому заданию, а также на стадии эксплуатации в задачах совершенствования и модернизации позволяет автоматизировать перечисленные работы, сократить сроки разработки СТС и получить рациональные решения.

Предлагается принципиально новая концепция системного моделирования, с помощью которой исследование СТС проводится непосредственно разработчиком через развитый интерфейс и настраиваемый им программный макет проектируемого СТС. Такая концепция позволяет: обеспечить прямой контакт разработчика с создаваемой им моделью без участия профессионально подготовленного программиста; полностью автоматизировать исследование СТС; расширить набор возможных вариантов (проектов) исследования и добиться универсальности в моделировании СТС; обеспечить относительную независимость в создании и изменении программных моделей структуры и стратегий (алгоритмов) управления СТС; создать систему (базу) знаний СТС; диагностировать возможные конфликты, блокировки и т.п. в функционировании СТС; давать советы разработчику по изменению тех или иных параметров структур и условий функционирования СТС; создать интерактивный режим взаимодействия.

При разработке качественно нового подхода для системного моделирования решены следующие задачи:

- 1) проведен анализ и классификация объекта исследования - СТС;
- 2) созданы системные модели СТС;
- 3) разработаны методы системного имитационного моделирования СТС;
- 4) разработаны основы и инструментарий программного макетирования СТС;

- 5) созданы иерархические модели баз данных и знаний СТС;
- 6) разработаны пакеты прикладных программ для моделирования;
- 7) проведено исследование и расчеты проектируемой СТС.

В предложенных системных моделях исследование СТС осуществляется непосредственно разработчиком через средства интерактивного взаимодействия (диалоговый режим, "меню" и т.п.). Проектировщик может выбрать структуру СТС из некоторого подмножества, задать в упрощенном виде стратегию управления (приоритет обработки информации). Для удобства конструирования макета СТС и настройки модели созданы развитые диалоговые процедуры (иерархические, многослойные "меню"). Предусмотрена возможность автоматизированного целенаправленного экспериментирования с моделью для выделения существенных факторов и указания направления их изменения. Введены средства автоматической диагностики для анализа и выявления ограниченного, заранее заданного множества типов конфликтов.

Для предложенных моделей характерно структурированное представление основных компонент СТС в виде семантической сети или фреймов, а моделирование связано с "навигацией" и поиском в сетях знаний. За счет отделения фактических знаний (структур СТС) от управляющих возможно задание множества стратегий управления СТС.

При построении системной имитационной модели выделены следующие основные этапы:

- 1) формализованное описание алгоритма функционирования СТС;
- 2) выделение основных моментов (узлов) функционирования СТС и построение граф - схем, отражающих логику работы СТС;
- 3) разработка внутренней организации имитационной модели с использованием информационных списковых структур;
- 4) построение модулей для составления программного макета исследуемого СТС;
- 5) моделирование СТС.

Системная модель СТС состоит из модулей, каждый из которых отражает отдельный элемент динамики поведения комплекса (например, включение и выключение отдельных модулей, постановка в очередь заявок, имитация занятости отдельных устройств). Взаимодействуя между собой, эти модули создают картину поведения СТС в пространстве состояний и событий. Эта картина отражает основные моменты функционирования СТС. Изменение ряда внешних и внутренних факторов приводит к смене траектории состояний и событий и отражается в выходных документах моделирования.

Динамические процессы СТС в системной имитационной модели представлены в виде взаимодействия ряда составляющих: средств, очередей, активностей, событий и т.д.

Механизм действия системной имитационной модели заключается в следующем. События (основные операции) распределены во времени и выполнение одних вызывает выполнение последующих. Реализация событий во времени напоминает цепную реакцию. Каждое событие выполняется мгновенно во времени, модельное время затрачивается только на переход от события к событию. Пополнение списка будущих событий осуществляется во время реализации текущего события. Механизм управления модели обращается к списку запланированных событий (список заранее упорядочен) и выбирает первый элемент. Значение переменной модельного времени становится равным значению времени из списка. После выполнения действий, связанных с текущим событием, механизм управления осуществляет переход на следующее событие и т.д.

При моделировании все основные составляющие СТС отражены в виде набора данных в информационной модели.

Совокупность наборов данных образует файл имитационного моделирования, который реализован с помощью фреймовых структур. При разработке системных имитационных моделей наиболее рациональной информационной структурой оказался связный иерархический список, каждая ячейка которого состоит из ряда полей.

При разработке системной модели СТС использованы основные приемы структурного программирования, а именно - выделены модули событий, которые соответствуют вершинам составленной граф - схемы, модуль статистики и модуль монитор. Координация всех рабочих модулей осуществляется монитором, который иницирует управление, получает и передает необходимую информацию (рис. 1).

При разработке монитора учтены логико-временные связи, выделенные в граф - схеме модели, организованы логические переходы с указанием номеров рабочих модулей, на которые осуществляется передача управления, и номеров заданий, связанных с передвижением их в СТС. Кроме того, на монитор возлагаются функции ведения списка событий. Модуль статистики осуществляет сбор и выдачу тех результатов, которые необходимы при проектировании и расчете характеристик СТС.

Исходными данными для системной программной имитационной модели СТС являются: формализованное задание СТС в виде графического представления структуры; формализованное представление функциональных задач.

Задание структуры СТС включает в себя: перечень модулей, из которых состоит исследуемая структура; особенности связей между модулями; топологию системных каналов связи.

Топологическим эквивалентом представления структуры СТС является ориентированный граф, дуги которого нагружены информационными связями и их атрибутами, а узлы являются функциональными структурными элементами соответствующего уровня представления. Процесс функционирования модели СТС имеет две четко выраженные фазы: фазу задания (или генерации) системной информационной модели; фазу расчета и обработки атрибутов структурных элементов.

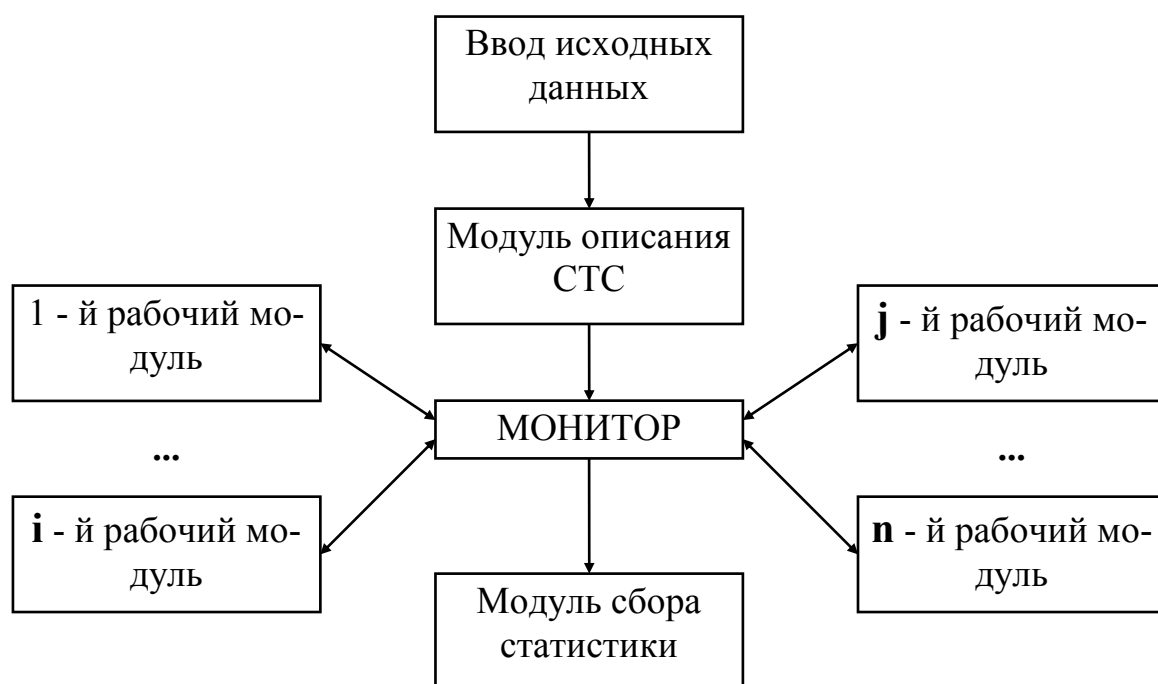


Рисунок 1 - Общая структура программной модели СТС

Разработанный комплекс системных моделей был использован для моделирования и расчета основных характеристик проектируемого наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами Украины.