

Иванова А.В., Абу-Абед Ф.Н. Формализация структуры имитационной модели сложной технической системы. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2015. – С. 34-38.

УДК 519.876.5

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Иванова, Ф.Н. Абу-Абед

## FORMALIZATION OF IMITATING MODEL STRUCTURE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEM

A.V. Ivanova, F.N. Abu-Abed

**Аннотация.** Рассматриваются основные принципы формализации исходных данных при создании моделей сложных технических систем, методы представления элементов реальной системы в моделях и их преобразование в имитационной реализации. Приводятся отличительные характеристики программных моделей и их эксплуатационные особенности.

**Ключевые слова:** техническая система, имитационная модель, статистическое моделирование.

**Abstract** This article discusses the basic principles of the source data formalization to create models of complex technical systems, methods of the real system elements presentation in the models and their conversion to simulation implementation. Given the distinctive characteristics of software models and their operational features.

**Keywords:** technical systems, simulation model, statistical modeling.

Одним из перспективных направлений совершенствования устройства территориально-распределённых сложных технических систем (ТР СТС), к которым могут относиться различные промышленные и ресурсодобывающие предприятия, управляющие системы, системы связи и пр., является создание имитационного комплекса данной системы, включающего в свой состав все участки моделируемого объекта, его основные составные элементы и учитывающего используемое в ТР СТС технологическое оборудование.

### Анализ исходных данных для построения модели СТС

Исходными данными при первоначальной оценке показателей системы и формирования ее структуры являются сведения о местоположении СТС, предприятий в ее составе, элементов и составных частей СТС, вкладе конкретного элемента в общую эффективность, характеристики используемых в процессе функционирования средств, стоимостные показатели и прочие экономические аспекты.

Анализ процессов функционирования подобных систем в большинстве случаев выявляет следующие факторы, затрудняющие их описание и формализацию:

- иерархичность структуры системы;
- сложность организации взаимодействия компонентов;
- значительное изменение исследуемых характеристик элементов в процессе эксплуатации СТС;

- разнородность компонентов системы;
- объединение и разбиения процессов, а также изменения очередности процессов, протекающих в системе;
- необходимость представления параллельных процессов, приоритетности процессов, случайных процессов [1].

### **Выбор подходов к построению модели**

Для создания целостной модели объекта СТС необходимо разработать соответствующий комплекс математических и/или имитационных моделей. Анализ известных методов математического моделирования показывает, что при решении данной задачи можно использовать аналитические методы и вероятностные модели аппарата теории массового обслуживания, а также метод имитационного моделирования на базе статистической модели.

Однако применение аналитических методов для сложных технических систем с многоуровневой организацией или сложными процессами приводит к большим математическим трудностям.

Метод статистического имитационного моделирования сводится к разработке и исследованию модели, описывающей процессы, связанные с функционированием компонентов СТС в ее рабочем состоянии. Такой подход позволяет получать оценки для систем со сложной структурой, аналитическое описание которых невозможно или требует значительных вычислительных ресурсов.

Для разработки имитационной модели СТС обычно используются следующие исходные данные:

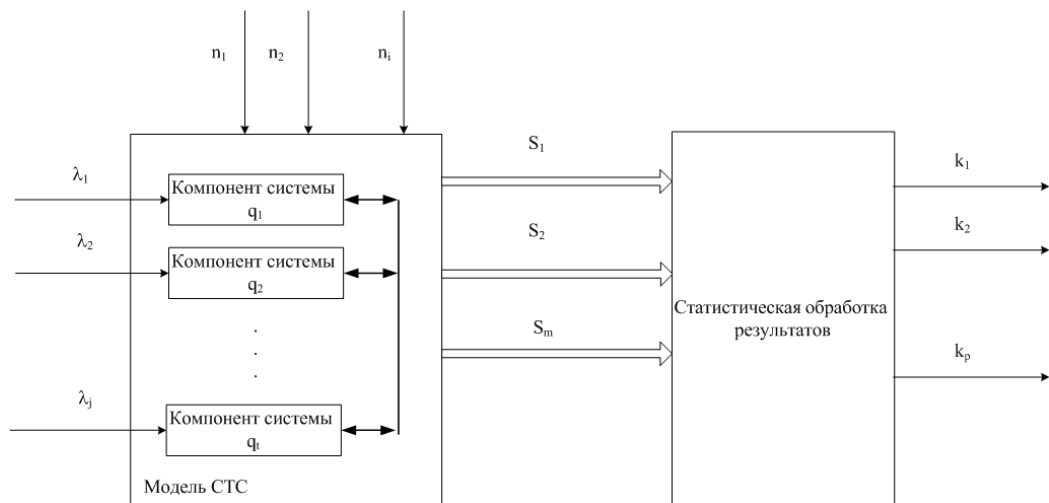
- сведения о структуре СТС (множестве видов, систем, элементов систем и связях между ними);
- номенклатура и технологии реализации стратегий управления техническим состоянием СТС;
- значения наиболее важных показателей и характеристики элементов СТС, касающиеся области исследования;
- характеристики затрат на реализацию стратегий управления техническим состоянием элементов систем, включающие различные стоимостные и экономические показатели.

Необходимая информация может быть получена в процессе анализа эксплуатационных документов на оборудование СТС, анализа существующих статистических данных, практического опыта, отчетов по результатам периодов эксплуатации [2].

### **Структура имитационной модели СТС**

Процесс расчета характеристик системы при ее эксплуатации в конкретных условиях и при заданных параметрах рассматривается как закрытая система, имеющая входные и выходные параметры [3].

Параметры и характеристики структурных компонент СТС могут представляться как числовыми коэффициентами, так и с использованием аппарата теории вероятности – распределениями случайных величин, что является очень эффективным инструментом для имитации процессов, адекватных тем, что происходят в реальной системе.



*Структурная схема модели СТС:  $n_1 \dots n_i$  – входные факторы (количественные значения, промежутки времени, векторы признаков и пр.);  $\lambda_1 \dots \lambda_j$  – входные значения интенсивностей;  $S_1 \dots S_m$  – векторы значений результатов (векторы временных периодов, векторы искомых значений, стоимостные характеристики и пр.)*

Выходные данные имитационной модели поступают в блок статистической обработки результатов моделирования, на выходе которого рассчитываются средние характеристики, необходимые для вывода искомых значений параметров.

Таким образом,  $k_1 \dots k_p$  – выходные усредненные данные (коэффициенты, частотные характеристики, стоимостные показатели).

Факторы входа включают в себя следующие группы:

- факторы, которые могут управляться и контролироваться;
- факторы, которые не могут управляться, но контролируются;
- случайные факторы [2].

Выходные параметры (производительность, себестоимость продукции и др.) являются результатом воздействия входных факторов (среднее время изготовления, наработка на отказ, стоимость и др.).

Формализованная имитационная модель преобразуется в компьютерную с помощью множества программных комплексов и сред (графические среды, текстовые редакторы, среды программирования, электронные таблицы и пр.).

Результаты, полученные при эксплуатации статистической имитационной модели, представляются в виде численных оценок.

Полученные в ходе анализа данные могут использоваться для:

- выработки предложений по повышению надежности СТС;
- уточнения состава элементов и агрегатных узлов системы;
- выбора материалов и норм их расхода;
- уточнения оптимальных сроков и объемов проведения всех видов технического обслуживания;
- совершенствования методов эксплуатации СТС;
- изменения режимов управления.

Таким образом, применение имитационных моделей, точно отражающих и в ряде случаев прогнозирующих изменение состояния системы в процессе эксплуатации, позволяет решать широкий спектр задач стратегического управления СТС, задач оптимизации и повышения эффективности работы комплекса в целом, улучшения экономических показателей его работы.

#### Библиографический список

1. Имитационная модель эксплуатации территориально распределенных сложных технических систем / Ф.Н. Абу-Абед, Е.А. Глодева, А.В. Иванова, Р.В. Допира // Тверской государственный технический университет – опорный региональный вуз в подготовке инженерных кадров: сборник тезисов докладов внутривузовской научно-практической конференции. – 2015.– С. 6.

2. Эль Эриан А.М. Управление запасами ремонтируемых узлов металлорежущих станков на предприятиях машиностроения: дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.13.06 / РУДН. – М., 2015. – 151 с.

3. Хара М.В. Имитационное моделирование процессов ремонтно-технического обслуживания вагонов промышленных предприятий // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – № 2. – С. 79–86.

#### **Иванова Анна Викторовна**

Тверской государственный  
технический университет,  
г. Тверь, Россия

E-mail: [tiki.mikck@yandex.ru](mailto:tiki.mikck@yandex.ru)

#### **Ivanova A.V.**

Tver State Technical  
University,  
Tver, Russia.

#### **Абу-Абед Фарес Надимович**

Тверской государственный  
технический университет,  
г. Тверь, Россия

E-mail: [aafares@mail.ru](mailto:aafares@mail.ru)

#### **Abu-Abed F.N.**

Tver State Technical  
University,  
Tver, Russia