УДК 65.50:62.5

В.Т. Белан, В.И. Корсун, Е.М. Снежко

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Предложена методика моделирования производственной деятельности оператора в объектно-ориентированной среде на базе универсального языка непрерывно-дискретного моделирования VHDL-AMS. На основе методики разработана модель, испытанная в пакете программирования Simplorer 7SV. Метод показал свою пригодность для моделирования широкого класса производственных систем, управляемых оператором.

Ключевые слова: математическая модель человека-оператора, статистическое и имитационное моделирование, объектное моделирование, программные комплексы.

Введение

В широком классе человеко-машинных систем человеку на протяжении большей части рабочего времени отводится функция контроля за действиями автоматической части системы. Одним из важнейших резервов роста производительности труда являются человеческий фактор. Создание моделей деятельности оператора позволяет:

1) повысить эффективность работы операторов;

2) улучшить отбор операторов для определенного вида работ;

3) ускорить обучение определенным видам деятельности;

4) создать специализированные тренажеры для интенсификации обучения. Однако создание моделей является достаточно сложной задачей, как при разработке концепции, так и при программной реализации. Использование объектного подхода, широко используемого в современных программных системах, позволяет создавать модели с улучшенными характеристиками в кратчайший срок [1].

Анализ последних достижений

Основные результаты моделирования информационной нагрузки получены для операторов энергокомплексов, авиакосмической

© Белан В.Т., Корсун В.И., Снежко Е.М., 2013

 ISSN 1562-9945

техники [2}. Существует несколько программных комплексов объектного программирования (Delphi, C++, Java), которые являются инструментами общего назначения. Одной из новых систем объектного моделирования является язык непрерывно-дискретного моделирования VHDL-AMS, который предназначен для моделирования одновременно протекающих процессов различной природы и позволяет значительно ускорить создание таких моделей [3]. . Методологической основой проведенного исследования явились методы статистического и имитационного моделирования [4].

Постановка задачи

Для решения поставленных задач была разработана методика создания имитационных моделей на языке VHDL-AMS в программном пакете Simplorer SV на примере деятельности оператора прокатного стана. Модель включает расчет информационной и физической нагрузки оператора чистовой группы клетей стана и разработана на основе описания основных функций оператора и эскиза пульта стана "2500".

Основная часть

Методика исследования

Моделирование системы на языке VHDL-AMS выполняется в виде совокупности объектов, каждый из которых описывается двумя составляющими: интерфейсом объекта (entity) и функциональной частью (architecture).Описание интерфейса включает описание портов (логических точек обмена сигналами) и общих параметров модели. Для описания функционирования используются несколько подходов: поведенческий, структурный и потоковый. При поведенческом описании архитектура содержит описание дискретной части в виде совокупности параллельных независимых процессов и системы дифференциальных или алгебраических уравнений, описывающих непрерывную часть модели. Специальные операторы предназначены для связи этих частей модели. Каждый процесс развивается во времени и может содержать несколько последовательных операторов. Первоначально язык был предназначен для моделирования физических процессов различной природы (электрических, механических, тепловых и др.), однако вследствие можности введенных структур может быть эффективно использован и в других областях. Операторы, размещенные в архитектуре, моделируются параллельно. В случае дискретных

систем используется событийный метод продвижения времени, а для непрерывных и смешанных систем – пошаговый.

Структура моделирующей программы

Для исследования модели на языке VHDL-AMS используется программный пакет Simplorer 7 SV [5]. Решающая система пакета имеет три компонента: непрерывную часть, дискретную и контроллер для связи между ними. В модели возможно присвоение дискретных переменных непрерывными и наоборот, при этом необходимо предусматривать специальные операторы синхронизации. Разработанная модель включает два объекта – модели оператора и оборудования. На рис.1 представлены описания интерфейсов этих объектов. Функциональные части представлены как асинхронные конечные автоматы, в которых изменение состояния происходит сразу же после изменения входных переменных. Модель оператора представлена как алгоритмическая дискретная модель, а модель стана – как смешанная модель с дифференциальным уравнением, описывающим процесс прокатки.

```
---- VHDLAMS MODEL operator -----
LIBRARY  ieee;
LIBRARY  basic_vhdlams;
LIBRARY  transformations;
USE transformations.ALL;
USE        basic_vhdlams.ALL;
USE        ieee.ALL;
--ENTITY DECLARATION operator -
ENTITY  operator IS
GENERIC (prof_level : real := 1.0 );
PORT (SIGNAL sens_load : IN real;
SIGNAL inf_load : IN real;
SIGNAL phys_load : IN real;
SIGNAL control : OUT real);
END ENTITY operator;
---- VHDLAMS MODEL stan ------
USE transformations.ALL;
USE        basic_vhdlams.ALL;
USE        ieee.ALL;
---- ENTITY DECLARATION stan ----
ENTITY  stan IS
GENERIC (recovery : time := 0.2 );
PORT (SIGNAL phys_load : OUT real;
SIGNAL inf_load : OUT real;
SIGNAL sens_level : OUT real;
SIGNAL control : IN real;
SIGNAL failure : IN bit);
END ENTITY stan;
```

Рисунок 1 - Описания интерфейсов объектов модели

 ISSN 1562-9945

В модели используются несколько переменных для описания состояния оператора и стана. От стана к оператору идут сигналы, вызывающие сенсорную, анализаторную и двигательную нагрузку оператора. В качестве параметра оператора задается его профессиональный уровень (в относительныз единицах). Модель стана имеет входные сигналы управления и возникновения аварии. На рис.2 представлен граф состояний модели стана (S1- останов, S2 – перестройка, S3 – работа, S4 – смена полосы, S5 - авария).

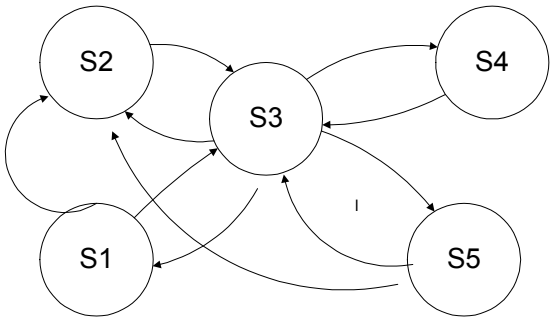

Рисунок 2 - Граф состояний модели стана

Для модели стана, рассмотрены варианты технологического процесса с тремя соотношения полос различных типоразмеров (3-5, 5-5, 20-5).

Результаты моделирования

Существенными для операторов факторами технологического процесса являются количество прокатанных за определенное время полос, количество перестроек стана и аварий. На рис.3 приведен пример графиков результатов моделирования сенсорной (вверху) и анализаторной (внизу) нагрузок за короткий интервал времени (100с).

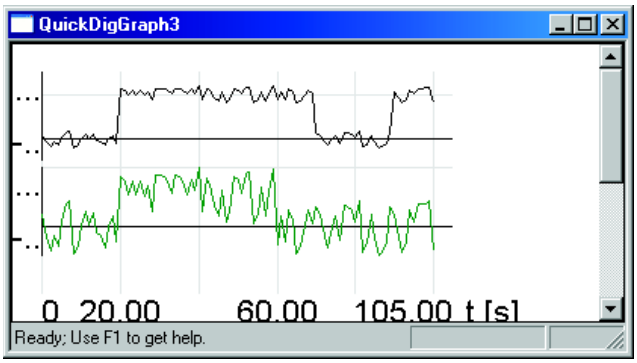

Рисунок 3 - Графики моделирования нагрузок оператора

В табл.1 приведена часть полученных данных для трех значений уровня тренированности оператора.

Таблица 1

Результаты моделирования нагрузки оператора

Вариант	Уд.нагрузка			Уд.время		
цикла	Восприятие	Анализ	Движение	Восприятие	Анализ	Движение
3-5	0,58	1,26	0,47	0,12	0,3	0,19
5-5	0,47	1,05	0,39	0,11	0,29	0,14
20-5	0,73	2,18	0,54	0,17	0,54	0,22

Анализ приведенных данных показывает, что значения различных типов нагрузок соответствует как измеренным экспериментальными методами, так и полученным на ранее разработанных моделях. В то же время использование принципа построения модели из отдельных объектов, каждый из которых может независимо изменяться при сохранении неизменных интерфейсов, делает модель очень гибкой. Стандарт VHDL-AMS, принятый в 2000 г., используется, в основном, для моделирования электромеханических, магнитных, тепловых и смешанных систем. Однако заложенные в нем разнообразные средста моделирования как дискретных систем (описываемых алгоритмически или логическими уравнениями), так и непрырывных систем (описываемых алгебраическими или дифференциальными уравнениями) позволи создать модели производственных систем более высокого уровня.

Выводы

Таким образом, разработана методика создания объектных моделей человеко-машинных систем управления на языке непрерывно-дискретного моделирования VHDL-AMS. Методика использована для построения модели оператора прокатного стана и показала свою эффективность Статистическое иследование работы модели показало, что абсолютная величина нагрузок всех видов возрастает с увеличением количества перенастроек и с ростом производительности работы оператора.

ЛИТЕРАТУРА

1.Технология системного моделирования /под ред.С.В.Емельянова, М., Машиностроение, 1988, -520с.
2.Фролов М.В. Контроль функционального состояния человека-оператора / М.В. Фролов - М:Наука, 1987, -196с.
3.Ashenden P. Analog, Mixed-Signal, and Mixed-Technology Modeling / Ashenden P., Peterson G., Teegarden D. - Elsevier, NY 2003, -880p.
4.Афифи Л. Статистический анализ:подход с использованием ЭВМ / Афифи Л., Эйзел Е. - М: Мир, 1992,- 202с.

 ISSN 1562-9945