

УДК 519.876.5

**В.Я. Тришкин, О.П. Мысов**, кандидаты техн. наук,  
**Д.А. Лосихин**

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ**

*Поставлена задача оценки эффективности систем управления на этапе проектирования. Рассмотрена структура и основные принципы функционирования компонентно-ориентированной системы имитационного моделирования. Система позволяет исследовать модели объектов и систем управления в реальном режиме времени.*

*Ключевые слова:* эффективность систем управления, система имитационного моделирования.

**V.Ya. Trishkin, PhD., O.P. Musov, PhD.,**  
**D.A. Losihin**

### **AUTOMATED SYSTEM OF RESEARCH OF CONTROL ALGORITHMS**

*The task of estimation of efficiency of control the system is put on the stage of planning. A structure and basic principles of functioning of the component-based simulation system is considered. The system allows to probe the models of objects and control the system in the real mode time.*

*Keywords:* efficiency of control the system, simulation system.

**В.Я. Тришкін, О.П. Мисов**, кандидати. техн. наук,  
**Д.А. Лосіхін**

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ**

*Поставлено завдання оцінки ефективності систем управління на етапі проектування. Розглянуто структуру й основні принципи функціонування компонентно-орієнтованої системи імітаційного моделювання. Система дає змогу досліджувати моделі об'єктів і систем управління в реальному режимі часу.*

*Ключові слова:* ефективність систем управління, система імітаційного моделювання.

Необходимость оценки эффективности систем управления на стадии проектирования экономически обоснована внедрением эффективных систем управления в производство.

Решения, принимаемые на этапе проектирования, выбирают, опираясь в основном на опыт, интуицию и на стандартные решения, оставляя без внимания системный подход к принятию лучшего решения относительно выбранного критерия.

Для объективной оценки сложных систем управления технологическими процессами по математическим моделям, авторами выбраны определяющие критерии для информационной и управляющей подсистем, и обобщенный показатель эффективности всей системы в целом.

Для информационной подсистемы разработаны критерии ценности информации, основанные на её определяющих критериях: точности и достоверности. Точность и достоверность информации должны быть

в управляющей подсистеме. Точность, как количественный признак информации, выражается множеством численных значений измеряемой физической величины, а достоверность, как качественный признак информации, устанавливает уровень доверия измеренному значению. Ценность информации характеризуется пороговым значением, относительно которого обеспечивают управляющую подсистему достоверной информацией достаточным множеством значений измеряемой физической величины.

Для управляющей подсистемы выбран определяющий критерий – функция временной сложности, учитывающий своевременность информации в алгоритмах управления.

Учитывая сложность математических моделей объектов управления и разнообразие вычислительных методов и алгоритмов расчёта оптимальных управляющих воздействий, авторами разработана функция точности методов и алгоритмов управления, относительно которой обеспечивается точность решения задачи управления по математическим моделям объектов управления.

© Тришкин В.Я.,  
Мысов О.П., Лосихин Д.А., 2012

Авторами разработан метод выбора эффективного алгоритма управления по критериям сложности и точности вычислений управляющей подсистемы.

Для случая стохастических процессов обобщенным критерием оценки эффективности системы, учитывающим ценность информации в информационной подсистеме, сложность и точность алгоритмов в управляющей подсистеме, является функция риска, позволяющая оценить потери в системе, обеспеченной алгоритмом управления минимальной сложности и достоверной информацией в условиях риска.

#### **Постановка задачи**

Для исследования системы управления на этапе проектирования АСУТП с целью расчёта функции потерь авторами разработана имитационная среда моделирования, названная автоматизированной системой исследования алгоритмов управления (АСИАУ).

Алгоритм имитации должен содержать три основные подсистемы: первая имитирует воздействие случайных процессов на управляемый объект, вторая описывает поведение системы в зависимости от этих воздействий, в третьей, после или в процессе расчета, накопленная информация подвергается статистической обработке для оценки искомых параметров управляющей системы.

#### **Существующие решения**

Вычисления, связанные с реализацией имитационных моделей имеют специфические особенности, стимулирующие создание специальных языков программирования, что позволяет выполнять эти вычисления более эффективным способом. Языки моделирования предоставляют в распоряжение разработчиков средства записи моделей систем в удобной и лаконичной форме. Достоинством имитационных языковых моделей являются описание в рамках единой модели самой системы (и отдельно каждого элемента) и моделирующего алгоритма, отражающего процесс функционирования системы. В то же время входной язык может быть максимально приближен к языку разработчика системы управления, что облег-

чает подготовку данных и пользование программами [1].

Другим средством подготовки имитационных моделей является использование некоторой универсальной автоматизированной имитационной модели, которая может быть оформлена в виде пакета прикладных программ с местной операционной системой, управляющей всем процессом моделирования объекта на компьютере [2].

#### **Анализ существующих решений**

Языки моделирования имеют широкий набор операторов, предназначенных для описания вычислительных операций, процедур принятия решений, действий и взаимодействий компонент системы, они содержат ряд специальных операторов для планирования событий, генерирования внешних сигналов, обработки данных и т.д. Однако использование существующих языков моделирования позволяет преодолеть лишь часть возникающих трудностей в области имитации сложных систем. Запись моделирующего алгоритма при помощи любого из операторов опирается на представление процесса функционирования системы в некотором специальном виде, например, в виде последовательности событий, упорядоченных в соответствии с характерными для данной системы закономерностями изменений состояний во времени. Для сравнительно простых систем такое представление можно построить вручную. Когда же моделируемый объект формализуется как иерархическая многоуровневая структура из элементов, которые сами являются достаточно сложными системами, такое представление при увеличении сложности системы все менее доступно и, в конечном счете, выходит за пределы возможностей человека. Даже для системы средней сложности подготовка имитационных моделей с помощью существующих языков моделирования требует немало времени и сил, особенно на отладку получаемых таким образом программ, которые могут оказаться далеко не оптимальными с точки зрения реализации их на вычислительном устройстве.

В рамках существующих языков моделирования формализация объектов опирает-

ся на математические схемы определенного класса. Когда речь идет об объектах большой сложности, к которым относятся технологические системы, требуется охватить системы, математические части которых описываются различными математическими схемами. В этом случае использование какого-нибудь одного языка моделирования может привести к потере точности описания различных объектов или усложнению программ. К тому же, применение языков требует от пользователей специальных знаний и практических навыков.

Модульный принцип построения автоматизированной имитационной модели снимает ограничения по сложности, которые неизбежно возникают при попытке представить процесс функционирования системы в целом как последовательность взаимосвязанных систем событий для записи его на языке имитационного моделирования. Количество и объем программных модулей определяется лишь числом операций, необходимых для реализации модели на вычислительном устройстве. Такой подход позволяет создавать имитационные модели на языках высокого уровня, таких как С или Fortran, что дает возможность программировать сложные математические операции, которые невозможно или трудно осуществить обычными средствами языков имитационного моделирования. Однако, для создания автоматизированной имитационной модели необходимы программисты высокой квалификации, обычно не работающие в проектных организациях, поэтому преимущества автоматизированной имитационной модели могут использовать те, для кого она создана, т.е. для исследования конкретной проектируемой АСУТП. Остальные пользователи должны создавать свои пакеты прикладных программ, которые должны быть совместимыми с исходной имитационной системой.

В общем, можно сказать, что преимущества любой системы имитационного моделирования могут быть оценены по множеству критериев, и какой системе отдать предпочтение, зависит от пользователя, решающего в каждом случае отдельную конкретную задачу.

### **Решение задачи**

Анализ существующих решений проектирования систем имитационного моделирования указывает на то, что такие системы являются сложными иерархическими системами, которые можно назвать сложными промышленными программными продуктами.

Проектирование сложной системы изначально сводится к ее декомпозиции.

В основу проектируемой АСИАУ автотранспорта заложен принцип компонентно-ориентированной технологии, используемой в современной инженерии программного обеспечения.

Компонентно-ориентированный подход к проектированию и реализации сложных программных систем является развитием объектно-ориентированного подхода.

Если объект представляет собой конструкцию языка программирования, например экземпляр некоторого класса, который может сколь угодно, раз быть создан и уничтожен управляющей программой, то компонент является независимым модулем программного кода, предназначенным для повторного использования. Кроме этого, компоненты могут содержать свои классы и могут быть написаны на разных, наиболее подходящих характеру задачи языках программирования, например, символьную обработку информации удобно реализовать на языках функционального программирования (LISP), вычисления рационально реализовать с помощью императивных языков программирования (С), а формализацию структуры предметной области естественно реализовать на объектно-ориентированных языках (С++).

Компонентом является произвольный и абстрактный элемент структуры системы, определённым образом выделенный среди окружения, решающий некоторые подзадачи в рамках общих задач системы и взаимодействующий с окружением через определённый интерфейс. Такой компонент может быть независимо добавлен или удалён из системы независимым пользователем.

Компонентно-ориентированный подход к созданию сложных программных продуктов существенно облегчает создание и

взаимодействие программных компонент в распределённой среде проектирования и реализации. Стандартизируется хранение и повторное использование компонент программного проекта в условиях распределённой сетевой среды вычислений, где пользователи взаимодействуют в рамках исследовательского проекта.

Компонентно-ориентированная декомпозиция системы имитационного моделирования (СИМ) определяет подсистемы, которые можно по-разному комбинировать и организовывать.

Одной из целей декомпозиции программы на компоненты является возможность независимой разработки и тестирования, а также возможность для исследователя проектируемых АСУТП разрабатывать и подключать к АСИАУ объекты исследования.

В результате компонентно-ориентированной декомпозиции СИМ выделены четыре компонентных модели (рис. 1). Здесь центральной идеей проектирования СИМ является создание, в дополнение к основным трем подсистемам, компонента – независимого в программном отношении управляемого информационного поля, статические и динамические свойства которого определяются в соответствии с требованиями к системе исследования и исследуемому процессу управления.

Каждая точка информационного поля представляет собой ссылку на область оперативной памяти вычислительного устройства, в которой содержится запись свойств определенного компонента проектируемой системы. Например, точка информационного поля в момент формирования событий может представлять собой сумму полезного сигнала и сигнала помехи некоторого измерительного канала. Полезный сигнал формируется алгоритмами имитации поведения системы управления, на основании модели алгоритма управления, и может характеризовать входные, внутренние и выходные переменные элементов проектируемой системы управления. Алгоритмы имитации случайных процессов формируют сигналы помехи.

Компонентная модель информационного поля представляет собой систему управления базами данных.



Рис. 1. Компонентно-ориентированная декомпозиция СИМ

Организация СИМ отражает модель реально протекающего процесса управления. Такая модель включает три компонента, которые называются модельным состоянием, функцией модификации состояний и функцией предсказания (рис. 2).

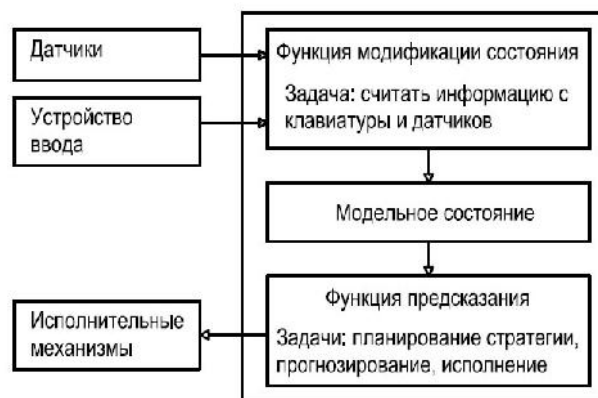


Рис. 2. Обобщенная модель реального процесса управления

Модельное состояние обеспечивается компонентной моделью информационного поля. Оно содержит члены-данные, представляющие полное описание реального процесса в каждый момент времени, т.е. пространство состояний реального процесса. Формирование случайных составляющих для определенных членов-данных осуществляется компонентной моделью имитации случайных процессов.

Функции модификации состояний и предсказания обеспечиваются компонентной моделью имитации поведения системы управления. Функция модификации

состояний осуществляет сбор и первичную обработку информации, поступающей по измерительным каналам, а также информации, поступающей от оператора. Функция модификации состояний на основе информации, получаемой от “датчиков”, осуществляет переход от одного модельного состояния к другому. Функция предсказания, при условии, что она имеет дело с точно заданным модельным состоянием, формирует управляющие воздействия по математическим зависимостям.

Перечисленные формализованные компоненты описывают замкнутую систему управления: программы получают информацию от “датчиков”, реализуют функции модификации состояний и предсказания и выдают команды на “исполнительные механизмы”. Результаты выполнения этих команд, сказываются в дальнейшем на информации, поступающей с “датчиков”.

Самостоятельную, не связанную с имитационной моделью, но вместе с тем важную для функционирования СИМ роль играет обобщенный план. Он определяет последовательность состояний, через которые должен проходить исследуемый процесс. Обобщенный план может автоматически “генерироваться” программными средствами на основе комплекса абстрактных целей, которые ставят разработчики системы управления.

АСИАУ объединяет в информационную подсистему компонентные модели имитации случайных процессов и информационного поля. Она является средой внедрения компонентов – объектов исследования: объектов управления, управляющих объектов, систем управления по математическим зависимостям, типовых объектно-ориентированных модулей (реализующих функции, направленные на достижение одной из частных целей управления).

Разрабатываемые компоненты должны удовлетворять трем основным требованиям.

Первое из них – это требование к структуре объекта исследования, связь его компонентов базы данных посредством ключевого механизма BDE (Borland Database Engine).

Второе требование к объекту исследования – обеспечение структуры базы данных, описывающей информационное поле по формату LDSource DBFields. Разработанный авторами формат LDSource DBFields описания информационного поля совместно с механизмом BDE обеспечивает и определяет между АСИАУ и исследуемым компонентом интерфейс, позволяющий контролировать информационные потоки и управлять ими.

Третье основное требование к компоненту – его эргономические свойства: отсутствие избыточности; простота пользования; наглядность; наличие помощи и документации на объект исследования.

### **Выводы**

С целью исследования эффективности управления на этапе проектирования АСУТП в соответствии с компонентно-ориентированным подходом разработана АСИАУ.

Предложенные критерии и методика оценки эффективности систем управления с использованием АСИАУ позволили на этапе проектирования АСУТП не только, ряди задач, но и обосновать решение выбора эффективного алгоритма управления с учетом его сложности и точности; обеспечения полноты (точности и достоверности) информации в системе управления; сокращения периода старения информации при управлении; выбора режимных параметров системы управления в условиях имитационного моделирования поведения системы в реальном режиме времени.

Разработанная система имитационного моделирования обладает следующими достоинствами:

открытая, не зависящая от сложности объекта исследования. Исследователь не привязан к разработчику АСИАУ и имеет возможность формировать информационное поле в зависимости от сложности решаемой задачи, т.е. создавать и расширять базу знаний об объекте исследования. Повторное использование разработанных модулей в сочетании с открытой архитектурой АСИАУ и ее средствами доступа к базам данных позволяют сократить сроки исследования и проектирования АСУТП. простая в использовании. От исследователя не требуется специ-

альных знаний и навыков работы с АСИАУ;  
совместимая система. Обладает унифицированным интерфейсом, что позволяет независимым разработчикам участвовать в сложных проектах;

экономична в сопровождении. Компонентно-ориентированный подход к проектированию системы позволяет разработчику АСИАУ с минимальными затратами дополнять ее новыми свойствами и функциями по желанию заказчика-исследователя, не изменяя существующего содержания. То же самое может выполнить и сам исследователь, имея профессиональные навыки программирования.

АСИАУ может быть использована там, где требуется повысить качество проектов, исследуя компоненты систем управления в реальном режиме времени и пользуясь всеми преимуществами имитационной среды моделирования информационных потоков, построенной по компонентному принципу.

#### Список использованной литературы

1. Таха Хемди А. Введение в исследование операций. 7-е издание. Пер. с англ. / Хемди А. Таха. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

2. Бусленко В. Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В. Н. Бусленко. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

Получено 16.05.2012

#### References

1. Taha Hamdy A. Operation research: an introduction. 7th edition / Hamdy A. Taha. – Moscow: Publishing house “Williams”, 2007. – 912 p. [in Russian].

2. Buslenko V.N. Automation: simulation of the complex systems / V.N. Buslenko. – Moscow: Science, 1977. – 240 p. [in Russian].



Лосихин  
Дмитрий Анатольевич,  
ст. преп. каф. компьютерно-интегрированных технологий и метрологии УГХТУ, г.Днепропетровск,  
тел.: +380679608530  
E- mail:  
losihindima@gmail.com



Тришкин  
Владислав Яковлевич,  
к.т.н., доц. каф. компьютерно-интегрированных технологий и метрологии УГХТУ, г.Днепропетровск,  
тел.: +380677365572  
E- mail: twya40@i.ua



Мысов  
Олег Петрович,  
к.т.н., доц. зав. каф. компьютерно-интегрированных технологий и метрологии УГХТУ,  
г. Днепропетровск,  
тел.: +380505968572,  
E- mail: musov@ua.fm