

DOI: 10.15593/2224-9400/2018.1.03

УДК 65.011.56

П.Ю. Сокольчик, С.И. СташковПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**В.Г. Баранцев**

ООО «Центр организации закупок», Пермь, Россия

**СПОСОБ ПРОВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ И ЕГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАЛАДКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО СТЕНДА
ИМИТАЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

Современные технические и программно-технические средства автоматизации имеют сложную структуру, выполняют, как правило, разнообразные функции и перед использованием должны проходить комплексную наладку. При этом желательно проверить работоспособность этих средств применительно к реальным или близким к реальным условиям, оценить их работу не только в статических, но и в динамических режимах. Однако произвести такую наладку на реальном действующем технологическом объекте затруднительно из-за невозможности проводить наладку на реальном действующем оборудовании, либо данный объект управления может находиться только в состоянии проектирования или монтажа. Однако при проверке средств управления и предварительной наладке не обязательно иметь реальный объект. Его можно заменить физической моделью, реализующей в некотором приближении те же зависимости, что и реальный объект. Но при этом физическая модель будет иметь высокую стоимость и не обладать гибкостью. При этом математическая модель, реализованная в виде программного кода с применением тех или иных алгоритмов, имеет перед физической моделью очевидные преимущества. Таким образом, для предварительной наладки удобно использовать специализированный стенд, в котором подключение настраиваемых средств автоматизации производится через унифицированные сигналы (аналоговые, дискретные, цифровые), а алгоритм работы предполагаемого технологического объекта реализован программно в виде модели. В статье идет речь о специализированном стенде для проверки работоспособности и предварительной наладке приборов и средств автоматизации, предназначенных для соединения с объектом управления с помощью аналоговых и дискретных сигналов. В основе стенда использован типовой персональный компьютер с подключенной к нему промышленной или лабораторной системой ввода-вывода аналоговых и (или) дискретных сигналов. Данный стенд можно использовать для обучения студентов и (или) персонала работе с техническими средствами автоматизации.

Ключевые слова: средства автоматизации, наладка, проверка, моделирование, аналоговый и дискретный ввод-вывод.

P.Yu. Sokol'chik, S.I. Stashkov

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

V.G. Barantsev

ООО «Center for Procurement», Perm, Russian Federation

A WAY OF CHECKING THE EQUIPMENT OF THE CONTROL SYSTEM AND ITS PRELIMINARY ADJUSTMENT WITH THE USE OF A UNIVERSAL SIMULATION STATION OF THE CONTROL OBJECT

Modern technical and software automation tools have a complex structure, they perform a variety of functions. Before use, they must undergo a comprehensive setup. It is desirable, if the operability of these tools is checked in relation to real or close to real conditions. Their work needs to be checked both in static and dynamic modes. However, on a real operating facility, check is complicated due to the possibility of a violation of the process regime. Also, check is not possible if the control object is in the design or installation state. However, the real object may be missing when checking the controls and pre-setting. It can be replaced by a model. The physical model realizes with some approximation the same dependencies as the real object. But, such a model will have a high cost. However, it will not have the flexibility. The mathematical model is implemented in the form of program code with the use of different algorithms. It has obvious advantages over the physical model. Thus, the use of a specialized stand for preliminary setup is convenient. In the stand connection of tools of automation is made through unified signals (analog, discrete, digital). The algorithm of operation of the proposed technological object is implemented programmatically in the form of a model. In the article we are talking about a specialized stand, which is used to test the operability and preliminary setup of devices and automation. Automation tools are designed for connection with control object using analog and discrete signals. At the heart of the stand a typical personal computer is used. The industrial or laboratory input/output system of analog and (or) discrete signals is connected to PC. This stand can be used for training students and (or) staff to work with technical tools of automation.

Keywords: automation equipment, adjustment, examination, modelling, analogous and discrete input-output.

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) могут иметь значительно отличающуюся сложную архитектуру, которая зависит от характера объекта управления [1, 2], реализуемых системой функций управления, используемых аппаратных и программных средств и др. Так, например, по ОРММ-3 АСУТП¹ классификация АСУТП осуществляется по уровню

¹ ОРММ-3 АСУТП. Общепромышленные руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности.

в организационно-производственной иерархии; характеру протекания управляемого технологического процесса во времени; условной информационной мощности; уровню функциональной надежности; типу функционирования.

Для аппаратно-программных комплексов АСУТП большой условной информационной мощности, средства проверки, наладки и самодиагностики могут быть интегрированы в сами программно-аппаратные комплексы. Так, например, программные средства большинства фирм-производителей включают в себя анализ цифровых шин, используемых в системе, и имеют возможности моделирования их состояния. Однако для средств нижнего уровня АСУТП наименьшей и малой условной информационной мощности, использующих аналоговые и дискретные сигналы, системы диагностики, моделирования, предварительной наладки, как правило, отсутствуют. Такие системы, как локальные системы автоматического регулирования, системы программно-логического управления и другие виды малоканальных систем управления приходится настраивать непосредственно на объекте управления или использовать специальные уникальные стенды по наладке. Кроме того, обычно отсутствуют универсальные средства, позволяющие разрабатывать тренажеры для персонала, обслуживающего эти технические средства.

Разработанный аппаратно-программный комплекс позволяет с некоторым приближением имитировать поведение объекта управления с помощью имитационного моделирования с последующей аппаратной имитацией аналоговых и дискретных входных и выходных сигналов системы управления. Таким образом, реальные программно-технические средства управляют виртуальным объектом, что позволяет производить некоторые операции автономной наладки комплекса технических средств (КТС) до установки средств на реальный объект управления.

Разработанный аппаратно-программный комплекс (стенд) состоит из двух частей – симулятора технологического объекта управления с имитаторами параметров и системы управления, выполненной на основе реальных средств автоматизации (рисунки).

Симулятор состоит из персонального компьютера, в котором реализована математическая модель технологического объекта управления, и присоединенных к компьютеру модулей аналоговых и дискретных входов/выходов, связанных с системой управления.

Аппаратная часть симулятора состоит из персонального компьютера и присоединенного к нему через одну из общесистемных шин (USB,

ISA, PCI, PCIe и др.) модулей аналоговых и дискретных входов/выходов. Подробное описание общесистемных шин приведено в работах [3–9].

На персональном компьютере установлена моделирующая программа, которая с помощью вычислительного эксперимента рассчитывает математическую (имитационную) модель технологического объекта управления. Математическая модель технологического объекта управления связана с модулями аналоговых и дискретных входов/выходов. При этом сама модель содержит вычислительную часть, реализующую непосредственно расчет модели объекта в режиме реального времени, и графическую часть, позволяющую отображать технологическое оборудование и потоки на дисплее. В зависимости от реализуемой задачи из библиотеки математических моделей можно загружать в память компьютера модели других объектов.

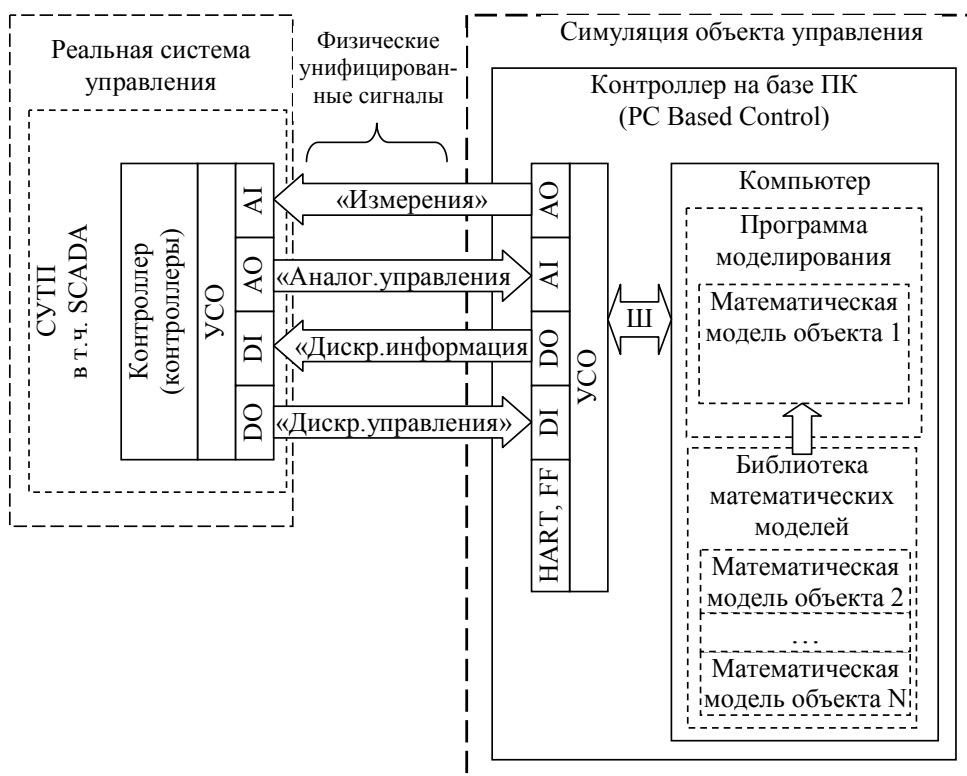


Рис. Структура системы интерактивного обучения

Так, для технологических аппаратов существует большое количество разработанных и уже описанных в литературе математических моделей. Например, в источниках [10–15] представлены математиче-

ские модели различных аппаратов и процессов химической технологии. Эти математические модели решаются любым формальным способом, например, Рунге–Кутты.

В качестве примера можно рассмотреть модели теплообменников различного типа. Так, математическая модель теплообменника типа «смешение–смешение» записывается в виде системы двух уравнений для первичного и вторичного теплоносителей [16]:

$$\begin{cases} V_1 c_{T1} \frac{dT_1}{dt} = V_1 c_{T2} (T_{1Н} - T_1) - FK_T (T_1 - T_2), \\ V_2 c_{T2} \frac{dT_2}{dt} = V_2 c_{T2} (T_{2Н} - T_2) - FK_T (T_1 - T_2), \end{cases}$$

где V_1 и V_2 – объемы идеального смешения; c_T – объемная теплоемкость вещества в потоке; F – поверхность теплообмена; K_T – коэффициент теплопередачи; $T_1 - T_2 = \Delta T$ – разность температур первичного и вторичного теплоносителей.

Имитаторами параметров является математическая модель технологического объекта управления, связанная с модулями аналоговых и дискретных входов/выходов, которые на основании работы моделирующей программы вырабатывают физические унифицированные сигналы и передают их в систему управления. Также модули входов/выходов симулятора получают физические унифицированные сигналы управления от системы управления.

В свою очередь, система управления состоит из автоматизированных рабочих мест, которые реализованы, например, средствами SCADA-системы, и промышленного контроллера, в состав которого входят модули аналоговых и дискретных входов/выходов.

Оборудование и технические средства, с помощью которых реализована система управления и автоматизированные рабочие места, являются полномасштабными и/или действующими.

Работа симулятора технологического объекта управления в комплексе с реальной системой управления, выполненной на основе реальных средств автоматизации, осуществляется следующим образом.

В зависимости от специфики технологического объекта из библиотеки математических моделей выбирают необходимую модель. Эта модель реализована в установленной на компьютере программе моделирования и взаимодействует с модулями входов/выходов посредством шины в режиме реального времени.

Математическая модель объекта передает данные расчета в ячейки памяти устройства связи с объектом (УСО) аналоговых и дискретных выходов. Значение управляющих параметров модель считывает из ячеек памяти аналоговых и дискретных входов УСО, поступающих от УСО системы управления. Аналоговые и дискретные выходы УСО преобразовывают переменные модели в физические унифицированные (0–20 мА, 4–20 мА и др.) или цифровые сигналы (например, HART, FieldBus), а также в сигналы типа «сухой контакт». Эти физические сигналы можно рассматривать как информацию от датчиков, которая поступает на аппаратно-программные средства системы управления (например, микропроцессорный контроллер, регулятор).

Сигналы, вычисленные аппаратными или аппаратно-программными средствами системы управления, подаются на аналоговые и дискретные входы модулей УСО симулятора в виде физических унифицированных или цифровых сигналов.

Преимущество предложенного технического решения по созданию аппаратно-программного комплекса (стенда) состоит в том, что благодаря включению в его состав симулятора, позволяющего моделировать различные технологические процессы и имитировать физические сигналы, достигается универсализация предложенного стенда с возможностью его применения для проверки и наладки как отдельных технических средств автоматизации различных систем управления, так и для комплексных исследований и наладке систем управления в целом.

Кроме того, такой стенд можно использовать с целью подготовки персонала, обслуживающего технические средства систем управления. При этом классические тренажеры, реализуемые с помощью персональных компьютеров, не дают возможность произвести изучение, предварительную наладку, конфигурирование реальных технических и программно-технических средств автоматизации, а использование симулятора, укомплектованного модулями аналоговых и дискретных входов/выходов (УСО), связанными с математической моделью технологического объекта управления, позволяет изучать, исследовать работу физических средств автоматизации.

Список литературы

1. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

2. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами: учеб. – М.: Академкнига, 2007. – 690 с.
3. Гук М.Ю. Аппаратные средства IBM PC: энцикл. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 1072 с.
4. Мелехин В.Ф., Павловский Е.Г. Вычислительные машины, системы и сети: учеб. для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2013. – 555 с.
5. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: учеб. для вузов. – СПб.: Питер, 2011. – 667 с.
6. Вычислительные машины, системы и сети: учеб. / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; под ред. А.П. Пятибратова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 512 с.
7. Жмакин А.П. Архитектура ЭВМ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 320 с.
8. Чекмарев Ю.В. Вычислительные машины, системы и сети. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 184 с.
9. Семенов В.А., Скуратович Э.К. Арифметико-логические основы компьютерной схемотехники. – М.: Академический Проект, 2004. – 144 с.
10. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
11. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
12. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. – М.: Академкнига, 2006. – 416 с.
13. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии. – Киев: Вища школа, 1973. – 280 с.
14. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
15. Luyben W.L. Process modeling, simulation, and control for chemical engineers. – Process Modeling and Control Center Department of Chemical Engineering Lehigh University, 1996. – 741 p.
16. Беккер В.Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления. 2-е изд., перераб и доп. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 142 с.

References

1. Fedorov Iu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP: Proektirovanie i razrabotka [The reference book of the engineer on the ASUTP: Design and development]. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2008, 928 p.
2. Bespalov A.V., Kharitonov N.I. Sistemy upravleniia khimiko-tekhnologicheskimi protsessami [Control systems of chemical-technological processes]. Moscow, Akademkniga, 2007, 690 p.
3. Guk M.Iu. Apparatyne sredstva IBM PC [Hardware IBM PC]. 3rd ed. Saint Petersburg, Piter, 2006, 1072 p.

4. Melekhin V.F., Pavlovskii E.G. Vychislitel'nye mashiny, sistemy i seti [Computers, systems and networks]. 2nd ed. Moscow, Akademiia, 2013, 555 p.
5. Tsil'ker B.Ia., Orlov S.A. Organizatsiia EVM i sistem [Organization of computers and systems]. Saint Petersburg, Piter, 2011, 667 p.
6. Piatibratov A.P., Gudyno L.P., Kirichenko A.A. Vychislitel'nye mashiny, sistemy i seti [Computers, systems and networks]. 2nd ed. Ed. A.P. Piatibratova. Moscow, Finansy i statistika, 2004, 512 p.
7. Zhmakin A.P. Arkhitektura EVM [Computer architecture]. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg, 2006, 320 p.
8. Chekmarev Iu.V. Vychislitel'nye mashiny, sistemy i seti [Computers, systems and networks]. 2nd ed. Moscow, DMK Press, 2009, 184 p.
9. Semenenko V.A., Skuratovich E.K. Arifmetiko-logicheskie osnovy komp'iuternoi skhemotekhniki [Arithmetic and logical foundations of computer circuitry]. Moscow, Akademicheskii Proekt, 2004, 144 p.
10. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Analiz i sintez khimiko-tekhnologicheskikh system [Analysis and synthesis of chemical-technological systems]. Moscow, Khimiia, 1991, 432 p.
11. Kafarov V.V., Glebov M.B. Matematicheskoe modelirovanie osnovnykh protsessov khimicheskikh proizvodstv [Mathematical modeling of the main processes of chemical production]. Moscow, Vysshaia shkola, 1991, 400 p.
12. Gartman T.N., Klushin D.V. Osnovy komp'iuternogo modelirovaniia khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Basics of computer modeling of chemical-technological processes]. Moscow, Akademkniga, 2006, 416 p.
13. Bondar' A.G. Matematicheskoe modelirovanie v khimicheskoi tekhnologii [Mathematical modeling in chemical technology]. Kiev, Vishcha shkola, 1973, 280 p.
14. Zakgeim A.Iu. Vvedenie v modelirovanie khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Introduction to modeling of chemical-technological processes]. 2nd ed. Moscow, Khimiia, 1982, 288 p.
15. William L. Luyben. Process modeling, simulation, and control for chemical engineers. Second Edition. Process Modeling and Control Center Department of Chemical Engineering Lehigh University, 1996, 741 p.
16. Bekker V.F. Modelirovanie khimiko-tekhnologicheskikh ob"ektov upravleniia [Modeling of chemical and process control objects]. 2nd ed. Moscow, RIOR: INFRA-M, 2014, 142 p.

Получено 12.02.2018

Об авторах

Сокольчик Павел Юрьевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614013, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 9, корпус Б, e-mail: htfz@pstu.ru).

Сташков Сергей Игоревич (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614013, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 9, корпус Б, e-mail: atp@pstu.ru).

Баранцев Вячеслав Геннадьевич (Пермь, Россия) – директор ООО «Центр организации закупок» (614015, г. Пермь ул. Луначарского, 15-12, e-mail: zakupki.perm@gmail.com).

About the authors

Pavel Yu. Sokol'chik (Perm, Russian Federation) – Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (9, Building B, Professor Pozdeev str., Perm, 614013, e-mail: htfz@pstu.ru).

Sergei I. Stashkov (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (9, Building B, Professor Pozdeev str., Perm, 614013, e-mail: atp@pstu.ru).

Vyacheslav G. Barantsev (Perm, Russian Federation) – Director of ООО «Center for Procurement» (15-12, Lunacharsky str., Perm, 614000, e-mail: zakupki.perm@gmail.com).