

УДК 681.5.011

ВНЕДРЕНИЕ ОПЫТА СОЗДАНИЯ АСУТП ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ НА БАЗЕ ПТК УМИКОН В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

В.О. Лебедев, А.О. Толоконский, С.А. Королев, В.А. Власов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Р

Анализируется опыт создания учебного практикума по проектированию АСУТП объектов атомной отрасли на базе программно-технического комплекса УМИКОН, позволяющего обеспечить эффективность проектирования и гибкость модернизации АСУТП. Рассматриваются вопросы создания современных цифровых систем реального времени, распределенных автоматизированных систем контроля и управления с многоуровневой иерархией. Приведен перечень практических навыков разработки АСУТП на всех этапах ее построения. Представлен эмулятор объектов управления, описываемых дифференциальными уравнениями первого и второго порядков, для изучения настроек типовых законов регулирования с выходом как на пропорциональный исполнительный механизм, так и на интегрирующий с широтно-импульсной модуляцией. Внедрение разработанного ПТК в учебный процесс позволяет повысить качество подготовки специалистов в области АСУТП ядерной энергетики.

Ключевые слова: АСУТП, системы управления технологическим процессом, КТС, учебная лаборатория, технологический процесс, технологические параметры.

ВВЕДЕНИЕ

Использование вычислительной техники для целей управления технологическими процессами началось в нашей стране более 30-ти лет назад. За этот промежуток времени было создано достаточно большое количество программно-технических средств построения АСУТП (автоматизированных систем управления технологическими процессами). Авторским коллективом данной статьи проведены работы по созданию АСУТП, внедренных на следующих предприятиях атомной отрасли [1 – 5]:

- радиохимический и реакторный заводы Сибирского химического комбината, г. Северск Томской области;
- горно-химический комбинат, АТЭЦ реакторного завода, г. Железногорск Красноярского края;
- НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва.

Обобщая имеющийся опыт в этом научно-техническом направлении, следует выделить основные укрупненные функции АСУТП и требования к средствам их реализации. К выполняемым АСУТП функциям относятся

- сбор информации от датчиков, предназначенных для измерения важных физических величин, и ввод этой информации в вычислительные средства;
- расчет значений физических величин, важных для эксплуатации установок;

© В.О. Лебедев, А.О. Толоконский, С.А. Королев, В.А. Власов, 2014

- отображение оперативной информации о ходе технологического процесса на экранах видеомониторов;
- архивирование данных;
- обеспечение надежности выполнения решаемых задач (в частности, автоматического использования резервных технических средств);
- обеспечение защиты информации и целостности вычислительных и информационных ресурсов;
- диагностика исправности функционирования вычислительных средств;
- обеспечение управления в распределенных объектах с применением сетевых вычислительных технологий;
- формирование законов управления для автоматического регулирования в отдельных замкнутых контурах и др.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ЗАДАЧ АСУТП

В настоящее время существует достаточно большое число систем, обеспечивающих решение задач АСУТП, включая уровень полевой автоматики, интерфейса оператора (SCADA), диспетчеризации, учета и планирования техпроцесса (MES) и т.д. Конечно, все они имеют как преимущества, так и отдельные недостатки. Для учебного процесса разработан лабораторный практикум, построенный на базе комплекса программного обеспечения (КПО) «МикСИС» и модулей комплекса технических средств (КТС) «МикКОН», являющихся составляющими программно-технического комплекса УМИКОН, поскольку он (или его аналоги) нашел применение в атомной отрасли, отвечает требованиям к выполнению основных перечисленных функций, а также достаточно полно описан в соответствующих публикациях [6 – 10].

Цели прохождения практикума предусматривают

- изучение особенностей автоматизированных систем реального времени, включая САУ и АСУТП;
- изучение особенностей распределенных автоматизированных систем контроля и управления с многоуровневой иерархией;
- изучение и освоение современных средств создания цифровых АСУ ТП (в том числе КТС «МикКОН» ПТК УМИКОН, микропроцессорных распределенных технических средств АСУТП, графических средств технологического программирования);
- изучение программных средств верхнего уровня – АРМ и сервера АСУТП (SCADA- и MES-уровни, программные средства сетевых распределенных АСУТП, в том числе на базе КПО «МикСИС» ПТК УМИКОН);
- получение практических навыков разработки АСУТП на всех этапах ее построения.

В процессе освоения практикума обучаемому необходимо самостоятельно построить и наладить распределенную АСУТП с четырьмя уровнями иерархии, реализующими следующие функции:

- измерение и контроль технологических параметров (температур);
- отображение технологической информации на мнемосхеме;
- задание управляющих воздействий с экрана видеокдра;
- архивация значений технологических параметров (температур) в реальном времени;
- отработка технологических блокировок;
- регулирование (стабилизация) технологического параметра (температуры);
- поддержание технологического параметра по заданному графику с отработкой аварийных ситуаций;
- автоматический выбор и переключение режима работы нижнего уровня автоматики на уровне вышестоящего контроллера;
- передача данных о ходе технологического процесса на вышестоящий уровень.

Основными укрупненными блоками ПТК лабораторного практикума являются

- вычислительная сеть, включающая в себя 10 или более компьютеров – автоматизированных рабочих мест (АРМ-стендов) для работы обучаемых, на каждом из которых задачи могут решаться автономно или синхронизированно между собой;
- один или два компьютера – АРМ преподавателей для контроля хода выполнения лабораторных работ, включая прием данных от АРМ-стендов;
- универсальный имитатор объектов управления;
- измерительные устройства (термопары, термосопротивления и нормированные датчики);
- программные средства, предназначенные для формирования заданий и законов управления (отдельно на каждом компьютере);
- программные средства формирования видеокадров;
- программные средства технологического программирования, ориентированные на их использование технологами.

По всем заданиям, а они могут быть различными для каждого лабораторного стенда, данные могут в реальном времени поступать на АРМ преподавателя, а с него также в реальном времени поступать вводные установки и команды.

Для успешного выполнения цикла лабораторных работ студентам необходимо изучить особенности автоматизированных систем реального времени, включая САУ и АСУТП, а также изучить и освоить современные средства создания цифровых АСУТП (на базе ПТК УМИКОН), в том числе

- микропроцессорные распределенные технические средства АСУТП;
- графические средства технологического программирования;
- программные средства верхнего уровня – АРМ и сервера АСУТП (SCADA- и MES-уровни);
- программные средства сетевых распределенных АСУТП.

В процессе выполнения лабораторных работ обучаемые получают практические навыки разработки АСУТП на всех этапах ее построения, а также опыт ее реализации и наладки.

Задания на лабораторный практикум включают в себя

- сборку комплекса технических средств (КТС) АСУТП;
- подключение, настройку обработки, включая фильтрацию, и калибровку датчиков температуры и других входных сигналов;
- конфигурирование и настройку базы данных (БД) и архивов реального времени автоматизированного рабочего места АСУТП;
- разработку и настройку технологической мнемосхемы АРМ АСУТП;
- конфигурирование передачи данных о ходе технологического процесса на вышестоящий уровень (АРМ преподавателя) по локальной сети;
- оценку динамических характеристик объекта управления (ОУ);
- конфигурирование технологической блокировки по превышению показаний температуры ТП (до 60°C);
- конфигурирование и настройку контура регулирования технологического параметра с учетом блокировки на превышение температуры;
- конфигурирование и отладку отработки аварийной ситуации – отказа датчика температуры (ТС);
- разработку и отладку технологической программы поддержания заданного графика технологического параметра с учетом аварийных ситуаций путем изменения режима работы контроллера нижнего уровня вышестоящим контроллером.

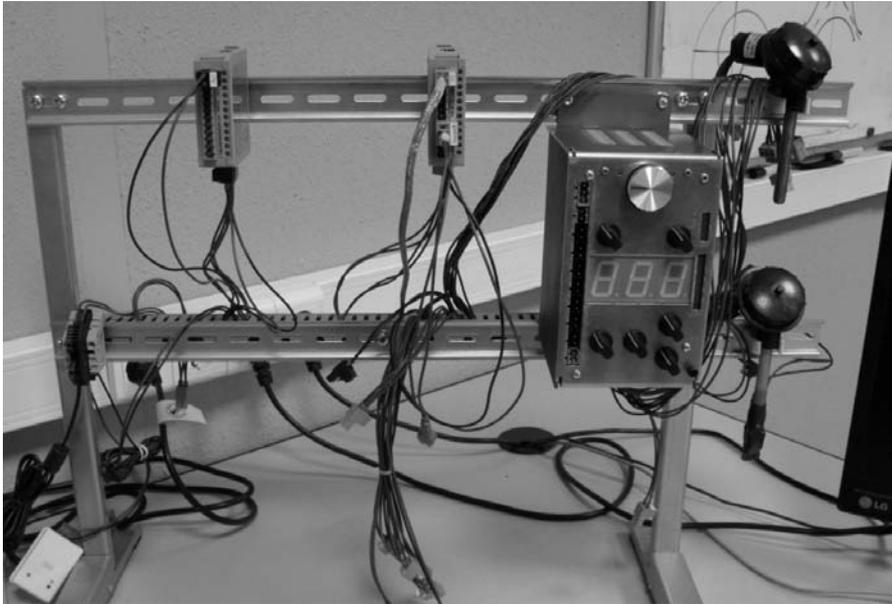


Рис. 1. Комплекс технических средств

В состав лабораторного стенда входят преобразователь RS485-USB; свободно программируемый модуль центрального процессора PC100; моноблок MB100 (содержащий полный набор аналоговых и дискретных входных и выходных сигналов, различные функции ПИД-регулирования и обработки блокировок); термopара; термосопротивление; нагревательный элемент; универсальный блок имитации объектов управления; персональный компьютер с установленной на нем КПО «МикСИС» ПТК УМИКОН; коммутационные проводники; учебно-методическое пособие по выполнению цикла лабораторных работ с подробным описанием комплекса программно-технических средств.

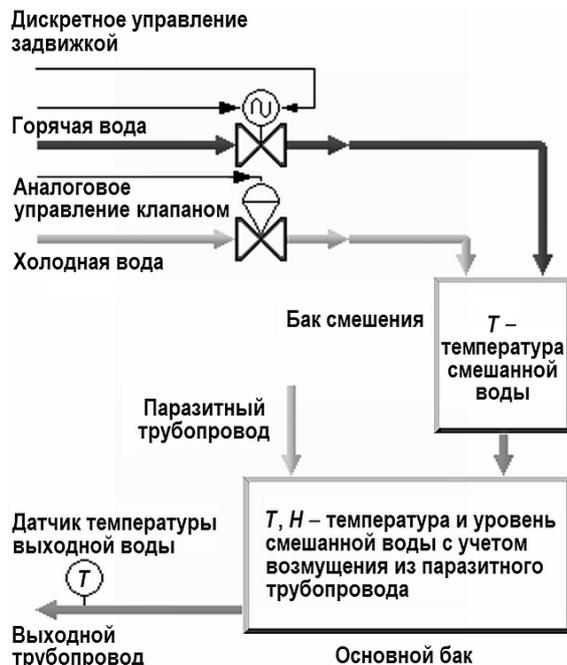


Рис. 2. Структурная схема модели объекта управления

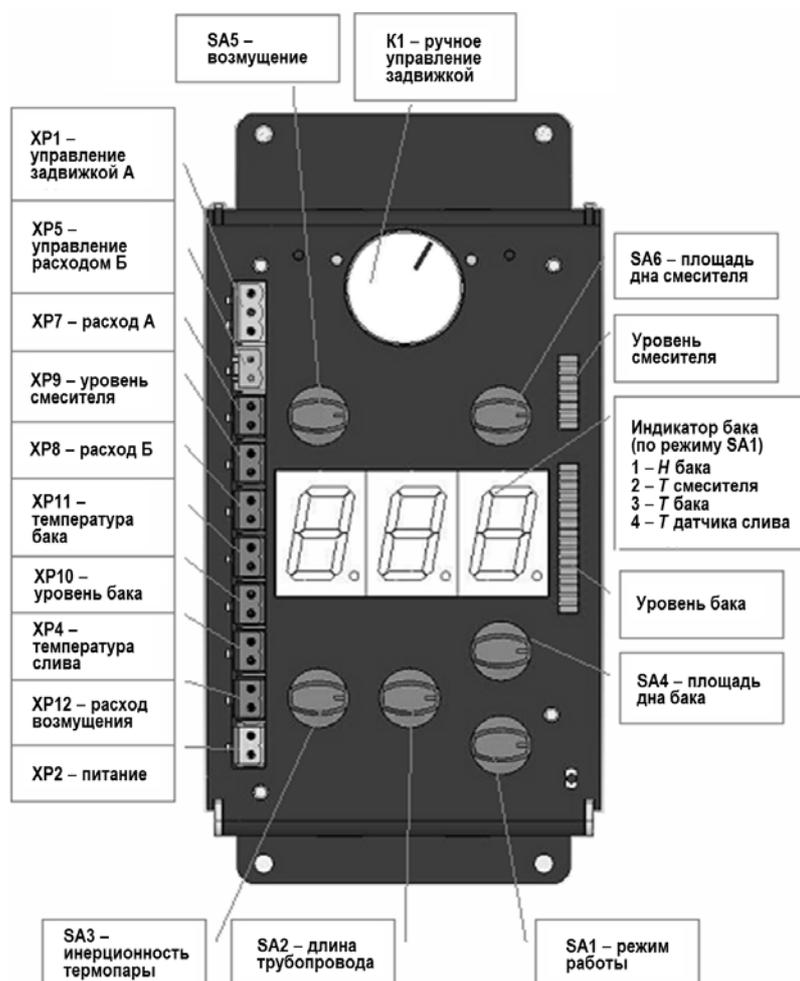


Рис. 3. Панель управления модели объекта

Особое место в цикле выполнения лабораторных работ отведено изучению типовых законов регулирования с выходом как на пропорциональный исполнительный механизм, так и на интегрирующий с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Для этих целей служит блок эмуляции объектов управления, структурная схема которого (рис. 2) представляет собой два бака с изменяемым объемом. В первый бак – бак смешения – подаются два трубопровода с холодной и горячей водой, расходы которой изменяются при помощи задвижки и клапана. Задвижка имеет дискретное управление (открыть-закрыть), может управляться поворотом ручки и является исполнительным механизмом интегрирующего типа. Клапан управляется аналоговым сигналом и является пропорциональным исполнительным механизмом. Для рассмотрения различных технологических ситуаций в модели управления имеется возможность изменения инерционности датчика температуры сливной воды, а также изменение длины трубопровода слива, задающего транспортное запаздывание. С помощью блока эмуляции объектов управления может быть изучено построение и настройка практически всех типов встречающихся на производстве

– регуляторов уровня (для объектов, описываемых дифференциальными уравнениями первого и второго порядков; с исполнительным механизмом интегрирующего и пропорционального типа; с контуром по возмущению; каскадных);

- регуляторов температуры (для объектов, описываемых дифференциальными уравнениями первого и второго порядков; для объекта с транспортным запаздыванием; с контуром по возмущению);
- многосвязного регулирования для поддержания заданной температуры воды и заданного уровня одновременно;
- системы слежения или дозирования для поддержания одного расхода пропорционально другому.

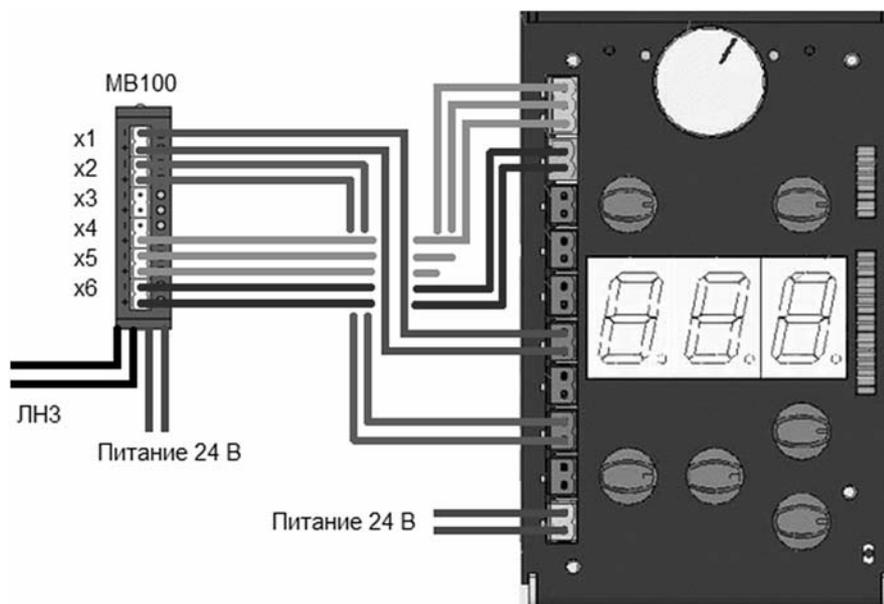


Рис. 4. Схема подключения блока эмуляции объектов управления к МВ100 для регулирования температуры и уровня

На рисунке 3 представлена панель управления модели объекта. С левой стороны панели расположены клеммники питания, управляющих входных воздействий и выходных параметров состояния модели. Схема подключения модели к МВ100 дана на рис. 4.

На выходе модели через аналоговый вход МВ100 можно наблюдать расходы налива бака смешения через задвижку и клапан, уровень в смесителе, температуру воды в основном баке и температуру по показаниям датчика на конце трубопровода слива из основного бака, расход воды из трубы «возмущения». Одновременно на встроенном индикаторе панели управления модели объекта можно наблюдать уровень воды в основном баке либо температуру на выходе из бака-смесителя, устанавливая режим работы ключом индикатора SA1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие лабораторного практикума ведется в направлении включения в его состав цикла работ по реализации в системе функции «горячего» резервирования на всех уровнях как средства повышения надежности и безопасности АСУТП, а также расширения набора применяемых в работе периферийных устройств.

Полностью выполнив представленный цикл работ, студент или специалист, проходящий курсы повышения квалификации, будет готов к работам по созданию распределенной АСУТП от нижнего уровня автоматизации технологического процесса (включая датчики, исполнительные механизмы, регуляторы, реализующие типовые законы регулирования и алгоритмы прямого цифрового управления на языках технологического программирования) до верхнего уровня (включая автоматизированное рабочее место

оператора и передачу технологических данных на вышестоящий уровень по сети предприятия).

Литература

1. Власов В.А., Толоконский А.О. Использование аналитического конструирования регуляторов при внезапном изменении динамических характеристик объекта / Сборник: Научная сессия МИФИ 2005. Т.1. – С. 45.
2. Лебедев В.О., Толоконский А.О. и др. Разработка ПО устройства функциональной проверки автоматической защиты реактора / Сборник: Научная сессия МИФИ 2002. Т.1. – С. 35.
3. Толоконский А.О. Средства адаптивного оптимального управления в SCADA-системе МикСис // Приборы и системы управления – 2007. – №1. – С. 15.
4. Слепицкий А.Е., Толоконский А.О. и др. Автоматизация насосной станции №3 КСА / Сборник: Научная сессия МИФИ 2001. Т. 1. – С. 43.
5. Лебедев В.О., Толоконский А.О. и др. Система пожарной сигнализации, информационного обеспечения и видеонаблюдения / Сборник: Научная сессия МИФИ 2003. Т. 1. – С. 29.
6. Власов В.А., Толоконский А.О. Прикладной пакет создания АСУТП и конструирования оператора МикСис // Приборы и системы управления – 1999. – №9. – С. 35.
7. Власов В.А., Толоконский А.О., Голованев В.Е. Вероятностные характеристики отказов систем отображения // Сборник: Научная сессия МИФИ 2005. Т.1. – С. 42.
8. Власов В.А., Голованев В.Е. Статистические испытания программных систем. / Сборник: Научная сессия МИФИ 2004. – С. 36–37.
9. Власов В.А., Голованев В.Е., Толоконский А.О. Анализ вероятности отказа систем отображения // Промышленные контроллеры АСУ. – 2005. – №4. – С. 25.
10. Лебедев В.О., Комисарчук С.Ю., Обносов А.В. Структура и основные особенности программного комплекса создания систем управления «МикСИС» ПТК УМИКОН // Промышленные контроллеры АСУ. – 2004. – №1. С. 35–41.

Поступила в редакцию 24.04.2013 г.

Авторы

Лебедев Владислав Олегович, ведущий инженер, кандидат техн. наук

E-mail: lebedev-vo@yandex.ru

Толоконский Андрей Олегович, доцент, кандидат техн. наук

E-mail: toloconne@yandex.ru

Королев Сергей Андреевич, доцент, кандидат техн. наук

E-mail: litos_mephi@mail.ru

Власов Виктор Александрович, профессор, доктор техн. наук

E-mail: vlasov1941@yandex.ru

IMPLEMENTATION OF THE EXPERIENCE IN DESIGNING APCS SYSTEMS FOR NUCLEAR FACILITIES BASED ON UMIKON PACKAGE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Lebedev V.O., Tolokonsky A.O., Korolev S.A., Vlasov V.A

National Research Nuclear University «MEPhI».
31, Kashirskoe highway, Moscow, 115409, Russia

ABSTRACT

The paper describes the experience in creating a training laboratory for designing an Automated Process Control System (APCS) for nuclear facilities based on the UMIKON hardware and software package which facilitates the engineering design process and helps to achieve more flexibility in upgrading APCS. Some issues of creating modern digital real-time systems and distributed automated control systems with multi-level hierarchy are considered. The article provides a list of practical skills required for APCS development at all design stages. The paper presents an emulator of control objects described by first and second order differential equations to study the settings of model laws of regulation resulting both in a proportional actuator and in an integrating mechanism with pulse-width modulation.

Key words: Automated Process Control System (APCS), process control systems, hardware and software package, training laboratory, technological process, technological parameters.

REFERENCES

1. Vlasov V.A., Tolokonskij A.O. *Ispol'zovanie analiticheskogo konstruirovaniya regulyatorov pri vnezapnom izmenenii dinamicheskikh kharakteristik ob'ekta* [Analytical design of regulators under sudden changes in the dynamic characteristics of an object]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2005. v.1, p. 45 (in Russian).
2. Lebedev V.O., Tolokonskij A.O. *Razrabotka PO ustrojstva funktsional'noj proverki avtomaticheskoy zashchity reaktora* [Development of software for the functional testing device of the automatic reactor protection system]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2002, v.1, p. 35 (in Russian).
3. Tolokonskij A.O. *Sredstva adaptivnogo optimal'nogo upravleniya v SCADA-sisteme MikSIS. Pribory i sistemy upravleniya* [Adaptive optimal control tools in the SCADA-MikSYS system]. 2007, no. 1, p. 15 (in Russian).
4. Slepetskij A.E., Tolokonskij A.O. *Avtomatizatsiya osnoy stantsii №3 KSA* [Automation of pumping station №3 of the integrated automation system]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2001, v.1, p. 43 (in Russian).
5. Lebedev V.O., Tolokonskij A.O. *Sistema pozharnoj signalizatsii, informatsionnogo obespecheniya i videonablyudeniya* [Fire alarm, information support and video surveillance system]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2003, v. 1, p. 29 (in Russian).
6. Vlasov V.A., Tolokonskij A.O. *Prikladnoj paket sozdaniya ASUTP i konstruirovaniya operatora MikSIS* [Application program package for SCADA development and MikSYS operator design]. *Pribory i sistemy upravleniya*. 1999, no. 9, p. 35.
7. Vlasov V.A., Tolokonskij A.O., Golovanev V.E. *Veroyatnostnye kharakteristiki otkazov system otobrazheniya* [Probabilistic characteristics of imaging system failures]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2005, v.1, p. 42 (in Russian).
8. Vlasov V.A., Golovanev V.E. *Statisticheskie ispytaniya programmnyh sistem* [Statistical testing of software systems]. Sbornik: Nauchnaya sessiya MIFI. 2004, pp. 36-37 (in Russian).
9. Vlasov V.A., Golovanev V.E., Tolokonskij A.O. *Analiz veroyatnosti otkaza sistem otobrazheniya* [Analysis of imaging system failure rate]. *Promyshlennye*

kontrollery ASU. 2005, no. 4, p. 25.

10. Lebedev V.O., Komisarchuk S.Yu., Obnosov A.V. Struktura i osnovnye osobennosti programmogo kompleksa sozdaniya system upravleniya MikSIS PTK UMIKON [Structure and characteristics of the MikSYS software package for designing control systems based on the UMIKON complex]. *Promyshlennye kontrollery ASU*. 2004, no. 1, pp. 35-41.

Authors

Lebedev Vladislav Olegovich., Chief Engineer, Cand. Sci. (Engineering)

E-mail: lebedev-vo@yandex.ru

Tolokonskiy Andrej Olegovich., Associate Professor, Cand. Sci. (Engineering)

E-mail: toloconne@yandex.ru

Korolev Sergej Andreevich, Associate Professor, Cand. Sci. (Engineering)

E-mail: litos_mephi@mail.ru

Vlasov Viktor Aleksandrovich, Professor, Dr. Sci. (Engineering)

E-mail: vlasov1941@yandex.ru