

УДК 004.5;620.162.4;620.193.21;681.513.2

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КЛИМАТИЧЕСКОГО И ТЕРМОВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

**Андросов Владимир Яковлевич,**

начальник отдела климатических, механических и электрических испытаний открытого акционерного общества «Научно-производственный центр "Полюс"», Россия, 634050, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в». E-mail: polus@online.tomsk.net

**Плотников Андрей Владимирович,**

ведущ. инженер-программист отдела климатических, механических и электрических испытаний открытого акционерного общества «Научно-производственный центр "Полюс"», Россия, 634050, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в». E-mail: polus@online.tomsk.net

**Вагайцев Семен Александрович,**

инженер-электроник отдела климатических, механических и электрических испытаний открытого акционерного общества «Научно-производственный центр "Полюс"», Россия, 634050, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в». E-mail: polus@online.tomsk.net

**Будников Евгений Анатольевич,**

генеральный директор общества с ограниченной ответственностью «ПРОМХОЛ», Россия, г. Москва, 105062, Лялин пер., д. 20. E-mail: promhol@mail.ru

*Актуальность работы обусловлена необходимостью автоматизации процесса термовакуумных и климатических испытаний изделий космической техники на предприятии космической отрасли.*

**Цель работы:** создание специализированной системы контроля режимов и параметров процессов термовакуумных и климатических испытаний, обоснование выбранных технологий сбора, обработки первичных данных о заданном и текущем испытательном профиле, а также данных о техническом состоянии применяемых средств измерений и испытательного оборудования, имеющих различное исполнение.

**Методы и технологии:** анализ технологических процессов испытаний изделий, проектирование и макетирование автоматизированных систем контроля и управления, проведение испытаний в программном режиме, анализ заданного испытательного профиля, параллельное программирование, объектно-ориентированное программирование, связывание и внедрение объектов (OLE), хранение и обработка XML-данных, человеко-машинное взаимодействие, клиент-серверное взаимодействие.

**Результаты:** создана автоматизированная система контроля параметров испытаний, разработаны ее основные программно-технические решения и компоненты, проведена оценка эффективности их применения по первым результатам эксплуатации.

**Выводы:** применение автоматизированной системы, включающей до нескольких десятков единиц испытательного оборудования, объединенных в сеть и управляемых из единого центра процессом термовакуумных и климатических испытаний изделий, обеспечивает экономическую эффективность, высокий организационно-технический и метрологический уровень наземной обработки изделий космической техники.

### **Ключевые слова:**

*Климатические и термовакуумные испытания, внешние воздействующие факторы, система охлаждения и нагрева жидкости, косвенный нагрев и охлаждение жидкости, каскадная холодильная установка, диспетчерское управление и сбор данных, человеко-машинный интерфейс, контроллер-регулятор, программируемый логический контроллер, автоматизация проведения испытаний, автоматизированная система контроля параметров испытаний.*

В настоящее время к изделиям космической техники нового поколения предъявляются повышенные требования по точностным, ресурсным и эксплуатационным характеристикам, в частности по стойкости изделий к факторам открытого космического пространства, напрямую влияющим на надежность и ресурс космического аппарата и характеризующимся температурами до минус 70 °С и атмосферным давлением до  $1 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст.

Имитация космического пространства при наземной обработке изделий осуществляется путем

проведения испытаний на прочность и стойкость к термовакуумным и климатическим факторам [1].

Испытания проводятся с применением специализированного термовакуумного испытательного оборудования (ИО), технологической оснастки, электронных и электромеханических нагрузочных устройств, а также программно-технических средств измерений [2].

Изделие во включенном состоянии испытывается в различных режимах работы, при этом изменяются как параметры нагрузок, так и климатиче-

ский и вакуумный профили [3, 4]. Процесс выполняется непрерывно с различным количеством и длительностью циклов при общей продолжительности от нескольких суток до месяца.

Таким образом, испытания являются технически сложными и дорогостоящими, их реализация в полном объеме предъявляет повышенные требования как к применяемым техническим системам, так и к персоналу испытательной лаборатории.

С целью комплексной отработки разрабатываемых изделий на стойкость к факторам открытого космического пространства, эффективного использования применяемых технических средств и минимизации влияния инженерно-технического персонала на процесс в ОАО «НПЦ «Полус» создана автоматизированная система контроля параметров испытаний (АС КПИ).

АС КПИ (рис. 1) представляет собой ИО, объединенное промышленным интерфейсом в единую сеть и подключенное к управляющему компьютеру (ПК) с разработанным специализированным программным обеспечением (ПО).

Рассмотрим одну из типовых функциональных схем отдельно взятой единицы ИО (рис. 2), входящей в состав АС КПИ. Блоки испытуемого изделия устанавливаются в вакуумную камеру на «этажерку» соединенных определенным образом между собой термостабилизированных плит, входные и выходные фланцы которых подключены посредством термостойких шлангов к программно-управляемой системе охлаждения и нагрева жидкости.

В системе охлаждения и нагрева жидкости реализован принцип косвенного нагрева и охлаждения термостабилизированных плит, установленных в вакуумной камере, позволяющий достигать указанных температур поверхности с использованием специального теплоносителя.

Необходимая теплоотводящая мощность плит рассчитывается исходя из удельной тепловой мощности, выделяемой блоками изделия на «этажерку» плит, и соответствует производительности системы охлаждения и нагрева жидкости, выраженной в единицах тепловой мощности нагрева и охлаждения в единицу времени согласно неравенству

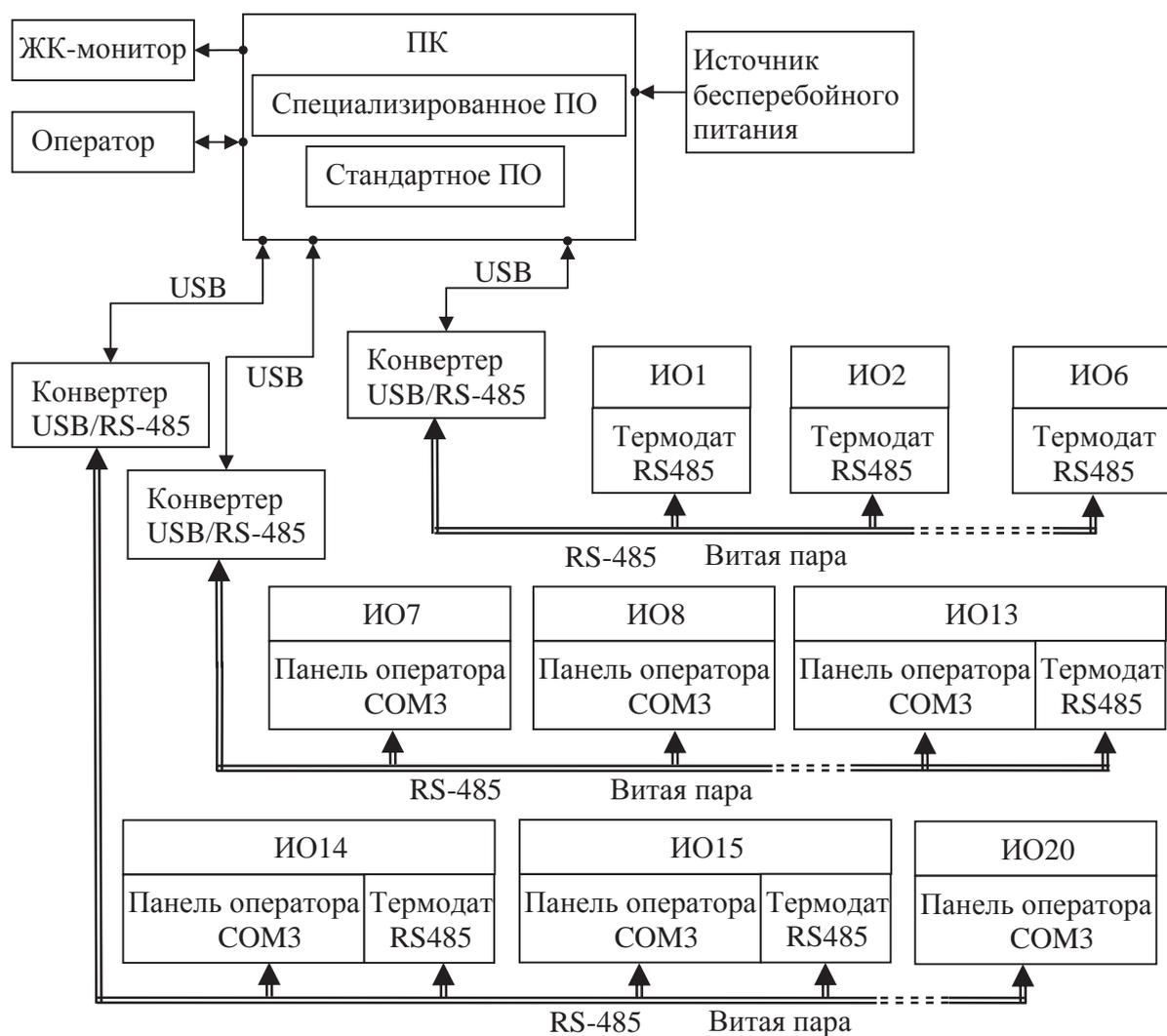


Рис. 1. Функциональная схема АС КПИ

$$P_{\text{изд}} < P_{\text{пл}} < P_{\text{сонж}},$$

где  $P_{\text{изд}}$  – тепловая мощность, выделяемая изделием;  $P_{\text{пл}}$  – теплоотводящая мощность плиты;  $P_{\text{сонж}}$  – производительность системы охлаждения и нагрева жидкости.

Тепловые расчеты указанного процесса не приводятся, поскольку выходят за рамки данной статьи.

Изготовление термостабилизированных плит – сложный технологический процесс, заключающийся в заливке алюминия в специальные формы с установленными внутри трубками сложной геометрической конфигурации.

«Термоконструкция», состоящая из блоков изделия и плит, масса которой достигает 500 кг, посредством грузоподъемного механизма опускается в вертикальную вакуумную камеру большого объема, и изделие циклически испытывается в течение длительного периода времени.

Испытания проводятся по заданному в соответствии с требованиями испытательному профилю, имеющему граничные значения:

- по температуре: от  $-70$  до  $+150$  °С;
- по относительной влажности: от 10 до 98 % при температуре от 10 до 95 °С со скоростью изменения не менее 1 °С/мин;
- по давлению: от 760 до  $1 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст. при температуре от  $-60$  до  $+120$  °С, с точностью поддержания температуры 1–2 °С.

Для реализации заданных тепловых режимов испытаний в ИО вместе с системами управления используются каскадные холодильные машины, электрические нагреватели, системы осушения и увлажнения, позволяющие с высокой точностью (по температуре  $\pm(0,1-0,3)$  °С и влажности 1–3 %) поддерживать заданные параметры.

Как правило, на предприятии одновременно проходят испытания изделий различных типов, что требует значительного количества испытатель-

ного, технологического оборудования, программно-технических средств и высококвалифицированного персонала.

В целях оптимизации процесса испытаний, с учетом вышеизложенного, была спроектирована автоматизированная система, включающая до 20 единиц ИО (потенциально до нескольких десятков), структурированную кабельную сеть, конвертеры интерфейса и разработанное специализированное ПО.

АС КПИ в реальном масштабе времени контролирует процесс климатических и термовакуумных испытаний во всех единицах ИО, включенных в сеть, с отслеживанием текущих параметров каждой единицы ИО в графическом и табличном виде и возможностью изменения оператором профиля, останова и продолжения испытаний, а также с автоматическим архивированием результатов на жесткий диск ПК.

При разработке АС КПИ с целью оценки производительности и масштабируемости данной системы проведено ее макетирование, а также рассмотрены различные подходы к созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами [5–9]. Для управления такими сложными процессами средства сбора и передачи технологической информации должны иметь высокую производительность, при этом обладать надежностью и безопасностью.

Авторами рассмотрены различные спецификации обмена данными с технологическим оборудованием и пакеты программного обеспечения, реализующие эти спецификации [10]. Несмотря на насыщенность рынка программным обеспечением для обмена данными с промышленным оборудованием [11], нет программного продукта, согласованного с системами управления применяемого ИО.

Для внедрения существующих на рынке систем диспетчерского управления и сбора данных [12, 13] необходима как минимум поддержка на



Рис. 2. Функциональная схема типовой единицы ИО

уровне драйверов со стороны производителя систем управления ИО.

С учетом уникальности систем управления эксплуатируемых единиц ИО, их различного исполнения и, как следствие, отсутствия драйверов для передачи данных в общеизвестные автоматизированные системы, а также особенностей процесса термовакуумных и климатических испытаний, авторами было решено разработать автоматизированную систему на базе стандартных промышленных интерфейсов, при этом принимая во внимание опыт разработки подобных систем другими компаниями [14–16].

Для создания АС КПИ климатическое и термовакуумное оборудование объединено в единую сеть интерфейсом RS-485 (стандарт TIA/EIA-485) с подключением по нескольким линиям к ПК посредством конвертеров интерфейса USB-RS485 (тип IFD6500 фирмы DELTA Electronics) [17]. Таким образом, сеть организована в соответствии с двумя базовыми сетевыми топологиями – «звезда» и «шина».

Интерфейс RS-485 использует балансную (дифференциальную) схему передачи сигнала [18]. Максимальная скорость передачи данных 115 200 бит/с по линии длиной до 1000 м.

Конвертер интерфейса USB-RS-485 [19] предназначен для обеспечения связи ПК, имеющего интерфейс USB, с удаленными объектами по интерфейсу RS-485. Устройство преобразует сигналы USB-порта компьютера в сигналы интерфейса RS-485 и направляет их к удаленному объекту по каналу связи (витой паре).

Подключение ИО, распределенного на значительной площади, по нескольким линиям к ПК позволило минимизировать длину кабельной сети и обеспечить передачу данных без искажений.

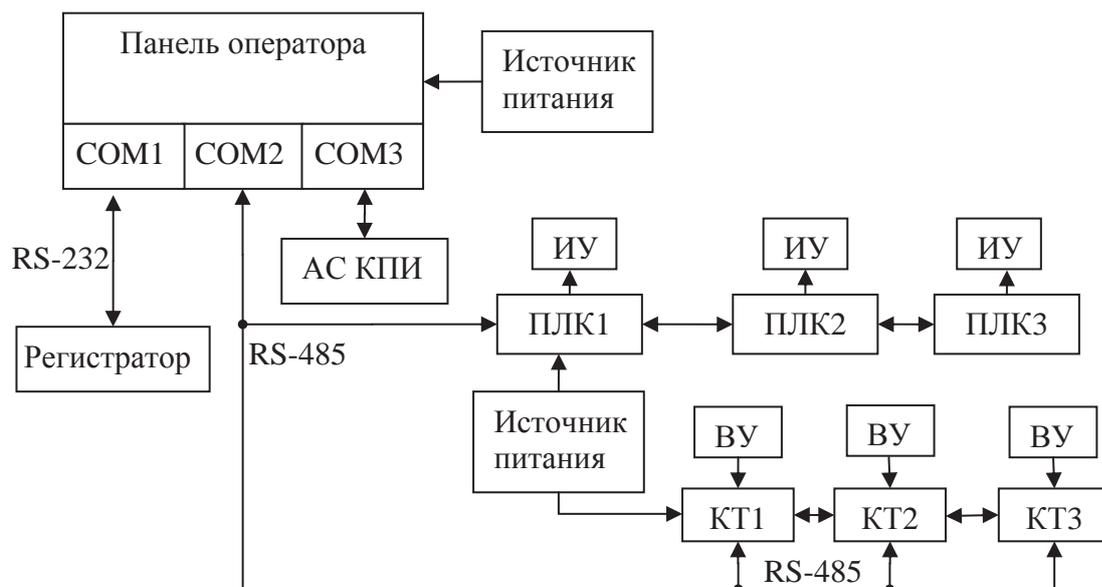
Обмен данными в сети между ПК и ИО выполняется по протоколу MODBUS-ASCII [20, 21].

На базе программируемых логических контроллеров (базовый блок типа DVP-14SS с модулями расширения типа DVP-14SP), контроллеров температуры (базовый блок типа DTC-1000 с модулями расширения типа DTC-2000), человеко-машинных интерфейсов (панелей оператора) типа DOP-B и источников питания (24 В, 60 Вт) типа DRP024V060W1AZ фирмы DELTA Electronics, регуляторов температуры типа Термодат-16ЕЗ фирмы «Системы контроля», входных устройств, многоканальных микропроцессорных регистраторов типа PMT 39DM/3 фирмы «Элемер» и исполнительных устройств (реле), являющихся частями системы управления единицы ИО (рис. 3), и ПК разработано специализированное ПО автоматизированной системы (рис. 4).

Для отладки и тестирования автоматизированной системы разработано ПО, эмулирующее всю сеть с задаваемым количеством единиц ИО [22].

Подключение каждой единицы ИО выполнялось в следующем порядке:

- настройка параметров и модификация ПО, встроенного в систему управления ИО, с целью реализации функций удаленного управления им и передачи параметров в ПК (значения климатических и термовакуумных параметров, информация о состоянии ИО (включено или выключено), информация об авариях и т. д.);
- внесение ИО в таблицу опроса, заключающееся в задании в специализированном ПО идентификаторов измерительных каналов, типа каналов (контрольный или измерительный), типа измеряемых параметров (температура, влажность или давление), цвета линий на графике испытательного профиля;



**Рис. 3.** Функциональная схема системы управления климатическим и термовакуумным ИО на основе микропроцессорной техники фирмы DELTA Electronics: ИУ – исполнительное устройство; ПЛК – программируемый логический контроллер; ВУ – входное устройство; КТ – контроллер температуры

- нанесение изображения ИО на план помещения.
- ПО АС КПИ разработано в среде программирования с открытым кодом Lazarus, работает в операционных системах Microsoft Windows 2000/XP/Vista/7, имеет удобный интерфейс взаимодействия с пользователем, модульную структуру, открытую для реализации дополнительных функций, поддерживает взаимодействие с различным климатическим и термовакуумным ИО, имеющим интерфейс RS-485.
- Для хранения данных широко применяется технология XML [23]. ПО автоматизированной си-

стемы непрерывно с задаваемой периодичностью опрашивает всю сеть ИО и сохраняет данные на жесткий диск ПК. Работа пользовательского интерфейса и модулей ПО, отвечающих за такие ресурсоемкие задачи, как сбор данных и расчет профиля, выполняется параллельно, что позволяет задействовать преимущества многопроцессорных (многоядерных) ПК [24].

ПО АС КПИ в реальном масштабе времени опрашивает всю сеть ИО, при этом во вложенном окне (рис. 5) на графике отображается процесс изменения во времени значений одного из выбирае-

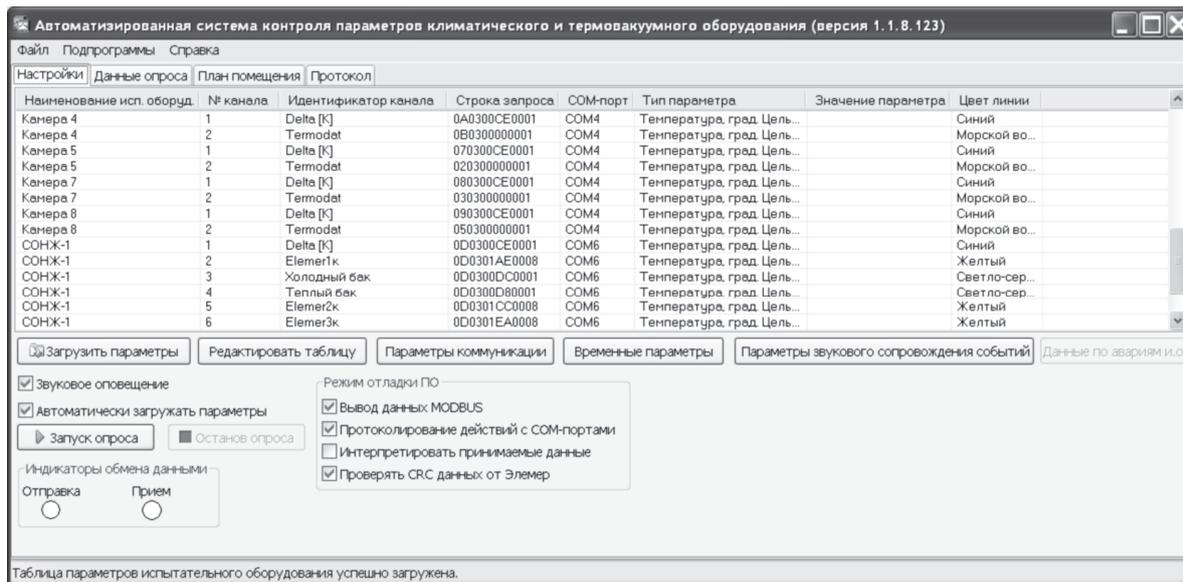


Рис. 4. Основное окно программного обеспечения автоматизированной системы с заполненной таблицей параметров подключенного испытательного оборудования

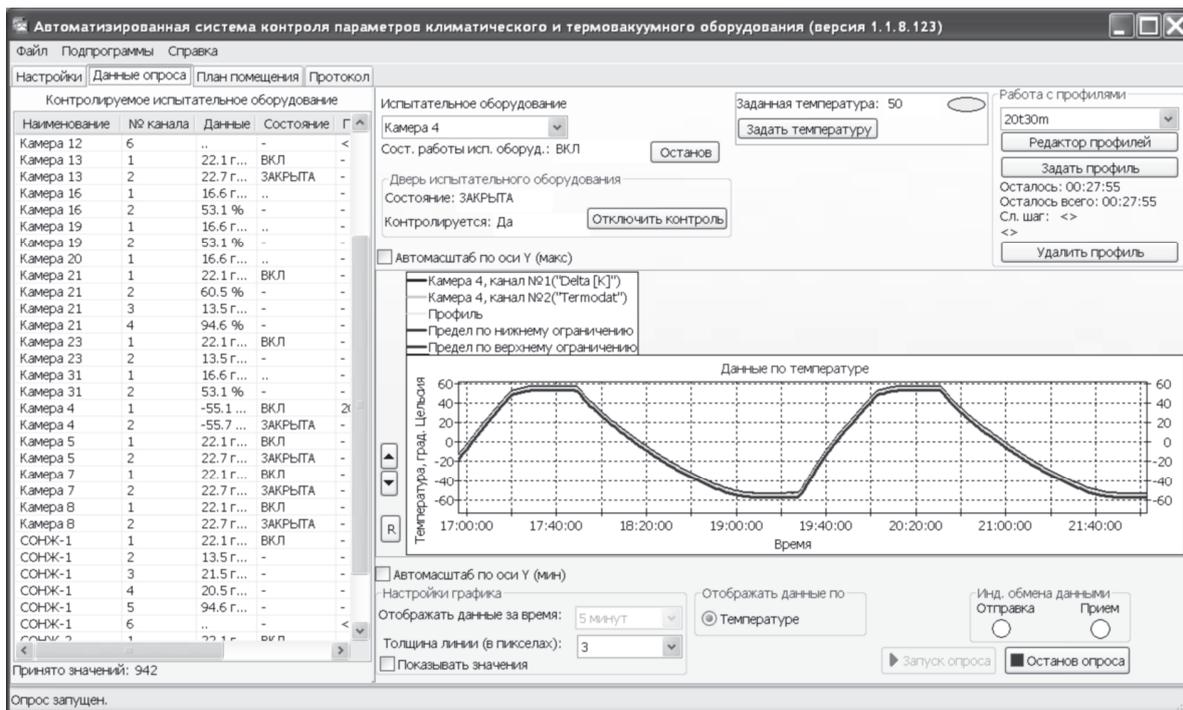


Рис. 5. Окно с данными контроля параметров функционирующей сети испытательного оборудования

мых оператором параметров ИО (температура, влажность, давление), а также линии профиля и заданных ограничений.

При выборе оператором наименования ИО из списка в этом окне дополнительно отображается информация о его работе:

- значения заданных параметров ИО (температура, влажность, давление) и индикация их достижения;
- состояние ИО (включено или отключено);
- состояние исполнительных переключателей ИО, а также информация об их контроле («да» или «нет»).

В случае возникновения аварии в ИО, открытия двери ИО при работе, а также отклонении контролируемых параметров от допустимых значений ПО АС КПИ осуществляет соответствующее аудиовизуальное оповещение.

Также необходимо отметить встроенные функции безопасности при работе с ПО АС КПИ: протоколируются все действия оператора, а при включении/выключении, изменении значений параметров ИО у оператора запрашивается код подтверждения.

Большое внимание уделено надежности функционирования АС КПИ [25], в частности дополнительно проверяется информация при обмене данными с ИО, применяется кодирование данных с вычислением их контрольных сумм.

Непрерывная работа АС КПИ в круглосуточном режиме в течение длительного времени подтверждает высокий уровень безотказности АС КПИ и ее устойчивость к некорректным действиям обслуживающего персонала, различным состояниям ИО, в том числе к аварийным ситуациям и т. д.

Посредством реализованной подпрограммы обработки измеренных данных по испытаниям различных изделий можно просмотреть значения климатических и термовакуумных параметров за долгий период времени (месяц) и сформировать отчет в формате приложений Microsoft Office.

Разработанная АС КПИ позволяет:

- выполнять непрерывный сбор данных от многоканальных систем управления с графической визуализацией в реальном масштабе времени;
- работать с различными входными устройствами: датчиками температуры, влажности, давления, газового состояния среды и др.;
- задавать испытательный профиль в табличном и графическом режиме с помощью редактора режимов;
- осуществлять непрерывный контроль значений климатических и термовакуумных параметров на соответствие заданному испытательному профилю, что оказывает непосредственное влияние на метрологические характеристики текущих испытаний;

- осуществлять аудиовизуальное оповещение о выходе контролируемых параметров за допустимые пределы, отображаемые графически красными линиями;
- управлять ИО с рабочего места оператора (задавать значения температуры, влажности и давления, производить удаленный запуск/останов оборудования);
- отображать на плане помещения значения контролируемых параметров и информацию о состоянии работы (включено, отключено, авария) для каждой единицы ИО;
- отслеживать действия оператора в автоматизированной системе и сохранять информацию о них на жестком диске с формированием протокола.

В настоящее время АС КПИ проходит наработку и метрологическую аттестацию, необходимые для внедрения в производственный процесс в ОАО «НПЦ "Полус"».

#### Выводы

В ОАО «НПЦ "Полус"» исследована задача автоматизации процесса термовакуумных и климатических испытаний изделий космической техники.

По результатам проведенных исследований предложены решения, базирующиеся на применении микропроцессорных систем управления, встроенных в испытательное оборудование, и промышленных стандартах обмена информации.

Практика предварительной эксплуатации созданной на предприятии автоматизированной системы контроля процесса испытаний показывает, что обеспечивается высокопроизводительный и надежный обмен данными технологических параметров и управляющими командами в реальном масштабе времени, а также данными о текущем состоянии климатического и термовакуумного оборудования.

Эффективность применения автоматизированной системы контроля параметров испытаний в целом можно оценить по следующим показателям:

- значительно возрастает эффективность и надежность применяемого испытательного оборудования;
- уменьшается (минимизируется) вероятность ошибок и несанкционированного воздействия на изделие в процессе испытаний;
- улучшаются метрологические характеристики проводимых испытаний, и обеспечивается возможность их постоянного контроля;
- сокращается количество занятого инженерно-технического персонала.

Внедрение в НПЦ «Полус» АС КПИ позволит значительно повысить качество климатических и термовакуумных испытаний изделий космической техники при уменьшении затрат на их проведение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка стенда для исследования стойкости материалов к воздействию факторов космического пространства / С.В. Янович, Ю.Н. Литвак, П.А. Михалев, В.М. Башков // Инженерный вестник. – 2012. – № 11. URL: [http://engbul.bmstu.ru/file/511839.html?\\_s=1](http://engbul.bmstu.ru/file/511839.html?_s=1) (дата обращения: 20.01.2014).
2. Комплексные системы для отработки и испытания космических аппаратов / С.В. Кравченко, С.Б. Нестеров, В.А. Романко, Н.А. Тестоедов, В.И. Халиманович, В.В. Христинич // Вакуумная техника и технология. – 2012. – № 4. – С. 213–230.
3. Термовакuumные испытания системы электроснабжения наноспутника НТУУ «КПИ» / Б.М. Рассамакин, С.М. Хайрашов, В.И. Хоминич, А.В. Буденный, Е.Ю. Коваленко, Е.Н. Елисеева // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2011. – № 5. – С. 6–10.
4. Термовакuumные испытания полых композитных стержней для космических конструкций / С.В. Резник, О.В. Денисов, П.В. Просунцов, В.П. Тимошенко, А.В. Шуляковский // Все материалы: Энциклопедический справочник. – 2012. – № 7. – С. 8–12.
5. Бобырь М., Титов В., Емельянов С. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе нечеткой логики. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 232 с.
6. Иванов А. Проектирование автоматизированных систем манипулирования объектами обработки и сборки. – М.: Форум, 2012. – 352 с.
7. Кошцов Е.С. Основные задачи этапа обследования в рамках проектов автоматизации // Прикладная информатика. – 2010. – № 6. – С. 10–17.
8. Никонов А.В. Внедрение средств автоматизации в процессы контроля и управления на производстве // Технические науки – от теории к практике. – 2012. – № 7-1. – С. 127–131.
9. Реализация человеко-машинного интерфейса в интегрированной технологии проектирования автоматизированных систем контроля и управления / Г.А. Егоров, А.Д. Белоногов, М.А. Островский, Я.А. Рейзман // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 7. – С. 56–62.
10. Козлецов А.П., Решетников И.С. Современные способы организации обмена данными с системами управления // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 2. – С. 17–23.
11. Вейбер В.В., Кудинов А.В., Марков Н.Г. Задача сбора и передачи технологической информации распределенного промышленного предприятия // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 5. – С. 69–74.
12. Реймген Ю.Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. SCADA система // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2012. – № 12. – С. 114–132.
13. SCADA // Википедия. Свободная энциклопедия. 2013. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA> (дата обращения: 20.01.2014).
14. Черпаков Б.А., Стрижевский М.Н. Многоканальная автоматизированная система для измерения температуры при проведении теплопрочностных испытаний // Вестник Московского авиационного института. – 2010. – Т. 17. – № 4. – С. 27–31.
15. Синтез интервальной системы управления с адаптивным ПИД-регулятором / В.Ф. Лубенцов, Е.В. Лубенцова, Г.В. Масюткина, Т.А. Рудакова // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 9. – С. 62–64.
16. Баскур О., Тюнякин А.В., Хертлер К. Диагностика и мониторинг оборудования по состоянию. Мониторинг состояния оборудования в реальном времени // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 9. – С. 26–29.
17. Руководство по построению систем управления на базе продукции Delta Electronics (серии Modbus, CANOpen, Ethernet) // ООО «НПО "Стоик Лтд"». 2013. URL: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/Training\\_kit\\_OP\\_Manual.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/Training_kit_OP_Manual.pdf) (дата обращения: 20.01.2014).
18. Термодат-16Е5. Руководство пользователя // НПП «Системы контроля». 2013. URL: <http://termodat.ru/pics/16E5.pdf> (дата обращения: 20.01.2014).
19. IFD-6500. Инструкция по применению // ООО «НПО "Стоик Лтд"». 2011. URL: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/com-module/IFD6500\\_manual\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/com-module/IFD6500_manual_rus.pdf) (дата обращения: 20.01.2014).
20. Инструкция по сопряжению контроллеров Delta DVP со SCADA-системами // ООО «НПО "Стоик Лтд"». 2013. URL: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/DVP\\_and\\_SCADA.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/DVP_and_SCADA.pdf) (дата обращения: 20.01.2014).
21. Коммуникационный модуль RTU-485 для удаленного сбора данных от модулей расширения контроллеров Delta DVP серии S по протоколу Modbus // ООО «НПО "Стоик Лтд"». 2013. URL: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/modules/RTU\\_485\\_manual\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/modules/RTU_485_manual_rus.pdf) (дата обращения: 20.01.2014).
22. Использование режима Virtual Com (виртуальный COM-порт) в коммуникационном модуле IFD9506 // ООО «НПО "Стоик Лтд"». 2013. URL: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD9506\\_Virtual\\_com\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD9506_Virtual_com_rus.pdf) (дата обращения: 20.01.2014).
23. Гринев М., Щеклеин И. Ориентированные на приложения методы хранения XML-данных // Труды ИСП РАН. – 2009. – Т. 16. – С. 143–154.
24. Немногин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 400 с.
25. Шишмарев В. Диагностика и надежность автоматизированных систем. – М.: Академия, 2013. – 352 с.

*Поступила 10.02.2014 г.*

UDC 004.5;620.162.4;620.193.21;681.513.2

## AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR CLIMATIC AND THERMOVACUUM EQUIPMENT PARAMETERS TO TEST SPACE INDUSTRY PRODUCTS

**Vladimir Ya. Androsov,**

«Scientific and Production Center "Polus"», 56 «v», Kirov avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: polus@online.tomsk.net.

**Andrey V. Plotnikov,**

«Scientific and Production Center "Polus"», 56 «v», Kirov avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: polus@online.tomsk.net.

**Semen A. Vagaytsev,**

«Scientific and Production Center "Polus"», 56 «v», Kirov avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: polus@online.tomsk.net

**Evgeny A. Budnikov,**

Limited Liability Company «PROMHOL», 20, Lyalin pereulok, Moscow, 105062, Russia. E-mail: promhol@mail.ru

*The work is caused by necessity to automate thermovacuum and climatic tests of space industry products at space branch enterprise.*

**The aim of the work** is the development of specialized system for monitoring modes and parameters of thermovacuum and climatic tests processes; substantiation of the chosen technologies of collecting, processing of primary data on pre-defined and current profile test as well as the data on technical condition of the applied test equipment and measuring instruments with various modifications.

**Methods and technologies:** analysis of technological processes of product tests, design and layout of the automated control and monitoring systems, test running in a program mode, analysis of pre-defined test profile, parallel programming, object-oriented programming, object linking and embedding (OLE), storage and processing of XML-data, human-machine interaction, client-server interaction.

**Results:** The authors have developed the automated control system for test parameters and its basic software and engineering solutions and components; have assessed the effectiveness of their application by the first results of operation.

**Conclusions:** The use of the automated system consisting of up to several tens of test equipment units, networked and controlled by a single center by thermovacuum and climatic test processes, provides economic effectiveness, high technical-organizational and metrology level for on-ground test of space industry products.

### Key words:

*Climatic and thermovacuum tests, external influencing factors, liquid heating and cooling system, indirect liquid heating and cooling, cascade refrigeration system, supervisory control and data acquisition, human-machine interface, controller-regulator, programmable logic controller, automation of test operation, automated system of test parameters control.*

### REFERENCES

1. Yanovich S.V., Litvak Yu.N., Mikhalev P.A., Bashkov V.M. Razrabotka stenda dlya issledovaniya stoykosti materialov k vozdeystviyu faktorov kosmicheskogo prostranstva [Developing stand for researching material resistance to the effects of space factors]. *Inzhenerny vestnik – Engineering bulletin*, 2012, no. 11. Available at: [http://engbul.bmstu.ru/file/511839.html?\\_\\_s=1](http://engbul.bmstu.ru/file/511839.html?__s=1) (accessed 20 January 2014).
2. Kravchenko S.V., Nesterov S.B., Romanko V.A., Testoedov N.A., Khalimanovich V.I., Khristich V.V. Kompleksnye sistemy dlya otrabotki i ispytaniya kosmicheskikh apparatov [Complex systems for processing and testing space vehicles]. *Vakuumnaya tekhnika i tekhnologiya – Vacuum equipment and technology*, 2012, no. 4, pp. 213–230.
3. Rassamakin B.M., Khayrnasov S.M., Khominich V.I., Budenny A.V., Kovalenko E.Yu., Eliseeva E.N. Termovakuumnye ispytaniya sistemy elektrosnabzheniya nanosputnika NTUU «KPI» [Thermovacuum testing of power supply system of nanosatellite NTUU «KPI»]. *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature – Technology and design in electronic equipment*, 2011, no. 5, pp. 6–10.
4. Reznik S.V., Denisov O.V., Prosuntsov P.V., Timoshenko V.P., Shulyakovskiy A.V. Termovakuumnye ispytaniya polykh kompozitnykh sterzhney dlya kosmicheskikh konstruksiy [Thermovacuum tests of hollow composite rods for space structures]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik – All the materials. Encyclopedic Reference*, 2012, no. 7, pp. 8–12.
5. Bobyr M., Titov V., Emelyanov S. *Teoreticheskie osnovy postroeniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami na osnove nechetkoy logiki* [Theoretical foundations of constructing automated control systems based on fuzzy logic]. Staryy Oskol, TNT Publ., 2011. 232 p.
6. Ivanov A. *Proektirovaniye avtomatizirovannykh sistem manipulyrovaniya obektami obrabotki i sborki* [Design of automated systems of handling processing and assembly objects]. Moscow, Forum Publ., 2012. 352 p.
7. Koptsyukh E.S. Osnovnye zadachi etapa obsledovaniya v ramkakh proektov avtomatizatsii [Main objectives of pre-implementation screening phase]. *Prikladnaya informatika – Applied informatics*, 2010, no. 6, pp. 10–17.
8. Nikonov A.V. Vnedreniye sredstv avtomatizatsii v protsessy kontrolya i upravleniya na proizvodstve [Application of automation in monitoring and controlling in industries]. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike – Technical sciences – from theory to practice*, 2012, no. 7–1, pp. 127–131.
9. Egorov G.A., Belonogov A.D., Ostrovskiy M.A., Reyzman Ya.A. Realizatsiya cheloveko-mashinnogo interfeysa v integrirovannoy tekhnologii proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem kontro-

- lya i upravleniya [Implementation of human-machine interface in integrated design technology of automated monitoring and control systems]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie – Mechatronics, automation, control*, 2011, no. 7, pp. 56–62.
10. Kozletsov A.P., Reshetnikov I.S. Sovremennye sposoby organizatsii obmena dannymi s sistemami upravleniya [Modern methods of data exchange with the control systems]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve – Information technologies in designing and manufacturing*, 2010, no. 2, pp. 17–23.
  11. Veyber V.V., Kudinov A.V., Markov N.G. Zadacha sbora i peredachi tekhnologicheskoy informatsii raspredelenogo promyshlennogo predpriyatiya [The task of collecting and transferring technological information of the distributed industrial enterprise]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 5, pp. 69–74.
  12. Reyngen Yu.E. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami. SCADA sistema [Automated control systems of technological processes. SCADA system]. *Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta – Scientific bulletin of the Moscow State Mountain University*, 2012, no. 12, pp. 114–132.
  13. SCADA. *Wikipedia. The free encyclopedia*. 2013. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA> (accessed 20 January 2014).
  14. Cherpakov B.A., Strizhevskiy M.N. Mnogokanalnaya avtomatizirovannaya sistema dlya izmereniya temperatury pri provedenii teploprochnostnykh ispytaniy [Multichannel automated system for measuring temperature when testing heat resistance]. *Vestnik Moskovskogo Aviatsionnogo Instituta – Bulletin of the Moscow Aviation University*, 2010, vol. 17, no. 4, pp. 27–31.
  15. Lubentsov V.F., Lubentsova E.V., Masyutina G.V., Rudakova T.A. Sintez intervalnoy sistemy upravleniya s adaptivnym PID-regulyatorom [Synthesis of interval control system with adaptive PID controller]. *Industrial Automation*, 2013, no. 9, pp. 62–64.
  16. Baskur O., Tyunyatkin A.V., Khertler K. Diagnostika i monitoring oborudovaniya po sostoyaniyu. Monitoring sostoyaniya oborudovaniya v realnom vremeni [Diagnosis and equipment monitoring on a condition. Monitoring of equipment condition in real time]. *Industrial Automation*, 2012, no. 9, pp. 26–29.
  17. Rukovodstvo po postroeniyu sistem upravleniya na baze produkt-sii Delta Electronics (seti Modbus, CANOpen, Ethernet) [Guide to building management systems based on products of Delta Electronics (network Modbus, CANOpen, Ethernet)]. *NPO "Stoik Ltd"*, 2013. Available at: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/Training\\_kit\\_OP\\_Manual.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/Training_kit_OP_Manual.pdf) (accessed 20 January 2014).
  18. Termodat-16E5. Rukovodstvo polzovatelya [User manual]. *NPP «Sistemy kontrolya»*, 2013. Available at: <http://termodat.ru/pics/16E5.pdf> (accessed 20 January 2014).
  19. IFD-6500. Instruktsiya po primeneniyu [Application instruction]. *NPO "Stoik Ltd"*, 2011. Available at: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD6500\\_manual\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD6500_manual_rus.pdf) (accessed 20 January 2014).
  20. Instruktsiya po sopryazheniyu kontrollerov Delta DVP so SCADA sistemami [The instruction on mating control units Delta DVP with SCADA-systems]. *NPO "Stoik Ltd"*, 2013. Available at: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/DVP\\_and\\_SCADA.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/DVP_and_SCADA.pdf) (accessed 20 January 2014).
  21. Kommunikatsionny modul RTU-485 dlya udalennogo sbora dannykh ot moduley rasshireniya kontrollerov Delta DVP serii S po protokolu Modbus [Communication Module RTU-485 for remote data collection from expansion modules of controllers Delta DVP series S by Modbus protocol]. *NPO "Stoik Ltd"*, 2013. Available at: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/modules/RTU\\_485\\_manual\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/modules/RTU_485_manual_rus.pdf) (accessed 20 January 2014).
  22. Ispolzovanie rezhima Virtual Com (virtualny COM-port) v kommunikatsionnom module IFD9506 [Using the Virtual Com mode (virtual COM-port) on the communication module IFD9506]. *NPO "Stoik Ltd"*, 2013. Available at: [http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD9506\\_Virtual\\_com\\_rus.pdf](http://www.stoikltd.ru/images/manual/commodule/IFD9506_Virtual_com_rus.pdf) (accessed 20 January 2014).
  23. Grinev M., Shcheklein I. Orientirovannyye na prilozheniya metody khraneniya XML-dannykh [The methods of storage the XML-data oriented on applications]. *Trudy ISP RAN – Proc. ISP RAN*, 2009, vol. 16, pp. 143–154.
  24. Nemnyugin S.A., Stesik O.L. *Parallelnoe programmirovaniye dlya mnogoprotsessornykh vychislitelnykh sistem* [Parallel programming for multiprocessor computing systems]. Saint Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2002. 400 p.
  25. Shishmarev V. *Diagnostika i nadezhnost avtomatizirovannykh sistem* [Diagnosis and reliability of automated systems]. Moscow, Academy Publ., 2013. 352 p.