

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2022-1-22-27>

УДК 658.012.011.56:658.512

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И АВТОМАТИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «EAGLE»

С.А. Ильных, А.В. Сысалетин, В.А. Ермаков, А.Б. Кудранова, Р.Ж. Наурызбаев, Р.С. Исламов

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

E-mail для контактов: Ilinykh@nnc.kz

С начала 2021 года и по настоящее время в филиале «Институт атомной энергии» РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» проводятся работы по модернизации подсистемы контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) информационно-управляющей системы (ИУС) экспериментального стенда «EAGLE». В рамках этой работы было смонтировано приобретенное оборудование, произведена первичная настройка модулей и корзин расширения с помощью специализированного программного обеспечения Modbus Utility, идущего в комплекте поставки.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, система контрольно-измерительных приборов и автоматики, модуль, корзина расширения, шасси, автоматизированное рабочее место, аналоговый сигнал.

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования в данной работе является ИУС экспериментального стенда «EAGLE», в части подсистемы контрольно-измерительных приборов и автоматики.

Учитывая значительный срок эксплуатации системы, на сегодняшний день ее ключевые элементы подходят к пределу своих эксплуатационных возможностей. Используемые в действующей системе преобразователи типа Grayhill (73G, 73L), аналого-цифровые преобразователи входного сигнала PCI-1713 (32 канала) и UNIO-96/5 (96 каналов) практически не имеют необходимого комплекта запасных частей для замены, используемые вычислительные машины морально устарели. Поэтому разработка и реализация проекта помимо улучшения системы измерений также способствует увеличению показателей надежности исследовательского стенда «EAGLE» [1].

Таблица 1. Показатели надежности устаревшей подсистемы

Компонент системы	Время восстановления (тв), ч	Наработка компонента на отказ (tср), ч	Средний срок службы, лет
Контроллер	4	100000	10
Модуль аналогового ввода PCI 1713	2	64770	10
Модуль аналогового ввода UNIO96-5	2	100000	10

В таблице 1 представлены показатели надежности для указанного выше оборудования, используемого в устаревшей подсистеме КИПиА. Учитывая значительный срок эксплуатации системы, как можно увидеть из этих показателей, все оборудование уже давно выработало свой ресурс и перешло в предельное состояние, то есть состояние, при котором его ремонт или замена на такое же не является целесообразным [2].

Также можно заметить, что у него очень большие показатели времени восстановления, что очень плохо, если оборудование выйдет из строя во время эксперимента. К примеру, при замене модуля ввода PCI-1713 возникает необходимость полной переустановки драйверов в настройки модуля, для дальнейшей корректной его работы.

До конца 2021 года будут разработаны алгоритмы:

- пересчета сигналов с термопар типов К (хромель-алюмель, ХА) и А-1 (вольфрам-рений, ВР), с возможностью быстрого изменения типа пересчета при замене термопары для каждого канала;
- пересчета сигналов с датчиков давлений по заданным паспортам;
- пересчета сигналов с датчиков расходов и уровней.

Задачи:

- обеспечить сбор и отображение измерительной информации;
- обеспечить автономную регистрацию текущих значений измеряемых параметров по всем аналоговым каналам с частотой регистрации 10 Гц, а также быструю регистрацию основных каналов с частотой 500 Гц, при этом общее время регистрации – не менее 10 ч;
- предусмотреть функциональную независимость всех автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов и местных пультов друг от друга, при сохранении единой архитектуры ИУС.

Модернизация ИУС КИПиА

ИУС КИПиА экспериментального стенда «EAGLE» предназначена для получения измерительной информации о технологических параметрах установки и выдачи логических сигналов в систему автоматического управления в случае выхода измеряемых параметров за установленные пределы. ИУС КИПиА измеряет такие технологические параметры

как температура, давление, расход и уровень. Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

ИУС КИПиА представляет собой комплекс измерительных средств, вспомогательного оборудования и предназначена для осуществления функций:

- обеспечение сбора и предварительной обработки измерительной информации;
- контроль заданных пределов (уставок) значений измеряемых параметров;
- отображение и регистрация измерительной информации на автоматизированных рабочих местах (АРМ) операторов.

Модули ввода системы должны обеспечивать измерение аналоговых параметров следующих технологических систем:

- электротехнические системы формирования питающих напряжений;

- система подачи аргона;
- система подачи технологического азота;
- система вакуумирования экспериментальной установки;
- система подачи теплоносителя на охлаждение элементов конструкции электрической высокотемпературной плавильной печи;
- система подачи теплоносителя на охлаждение оборудования электротехнической системы;
- система дренажа горячих газов из полости установки (УПР, ЭПП);
- система подготовки и подачи жидкого натрия в испытательную секцию экспериментальной установки;
- система электрического нагрева до требуемых значений температуры элементов конструкции испытательной секции.

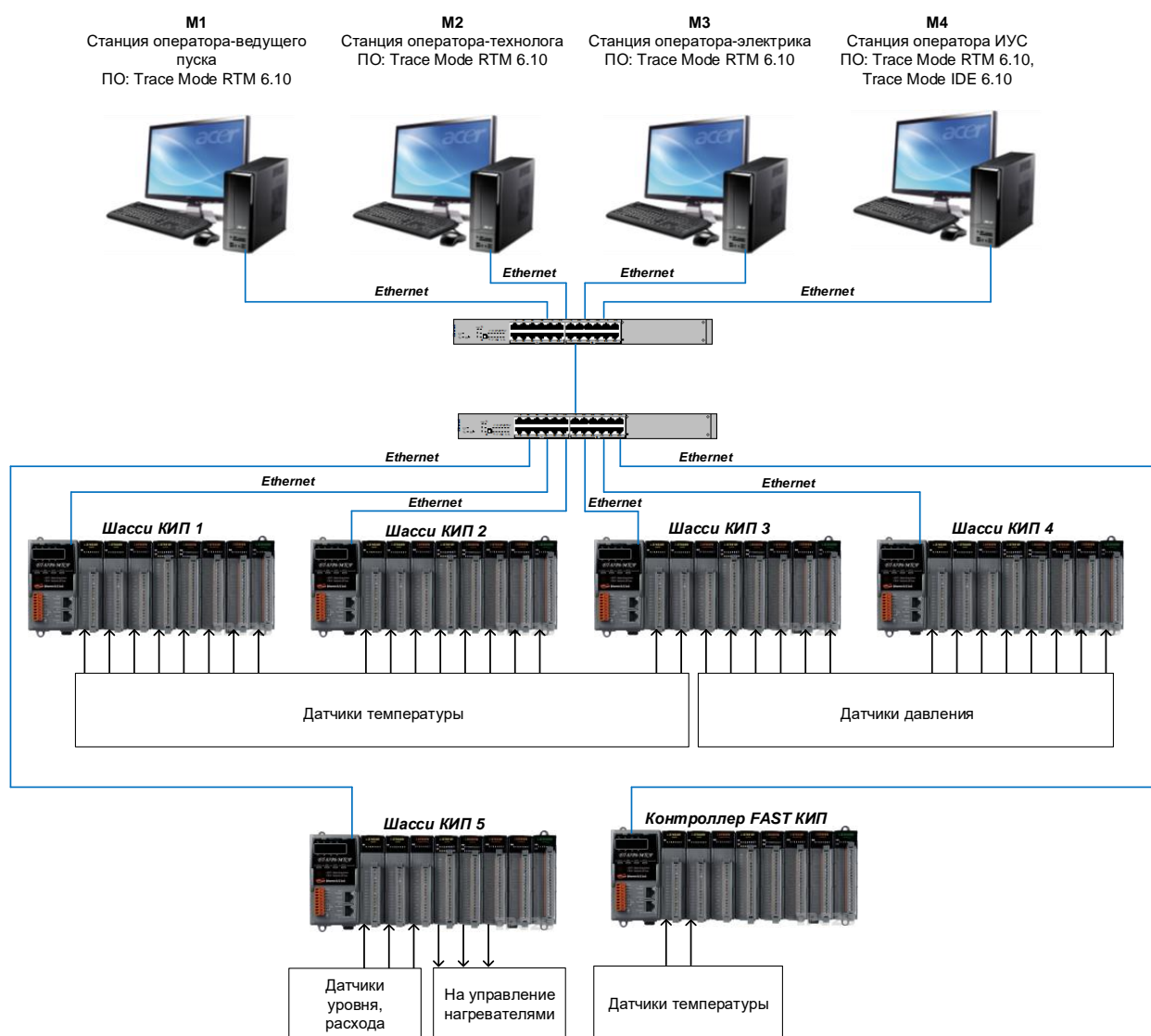


Рисунок 1. Структура ИУС КИПиА

На данный момент, в соответствии с базой каналов, к модулям старой ИУС КИПиА подключены:

- 139 термопар типов К (хромель-алюмель, ХА) и А-1 (вольфрам-рений, ВР);
- 111 датчиков давления ДДМ (датчик давления многопределный);
- 6 датчиков уровня Сапфир 22 (датчик перепада давления);
- 14 датчиков расхода Сапфир 22 (датчик перепада давления);
- 7 термосопротивлений;
- 18 каналов на управление нагревателями.

В модернизированной системе будет использоваться оборудование компании IPC DAS [3], а именно:

- шасси ICP DAS ET-8KP-8-MTCP;
- модули ввода аналоговых сигналов ICP DAS I-87019RW;
- модули вывода аналоговых сигналов ICP DAS I-87024RW;
- модули ввода сигналов с термосопротивлений ICP DAS I-87015PW;
- промышленные контроллеры ICP DAS WP-8841;
- модули вывода аналоговых сигналов ICP DAS I-8028UW;
- высокочастотные модули ввода аналоговых сигналов ICP DAS I-8017HCW.

Предлагаемая ИУС будет работать на базе контроллеров фирмы ICP DAS моделей WP-8841 и ET-87P8-MTCP, которые смогут обеспечить подключение всех необходимых датчиков (первичных преобразователей).

Корзина расширения (шасси) ICP DAS ET-87P8-MTCP, представленная на рисунке 2, предназначена для подключения модулей ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов. Она имеет последовательную шину для связи с устанавливаемыми модулями ввода-вывода и поддерживает модули серии i-87k (модули с последовательным интерфейсом). ET-8KP8-MTCP предназначена для использования в суровых климатических условиях и помехонасыщенной среде, может работать в широком диапазоне температур (от -25 до $+75$ °C) и имеет широкий диапазон входного питающего напряжения (от 10 до 30 В постоянного тока). Корзина имеет два порта Ethernet, что даёт возможность подключения по топологии daisy-chain (последовательное подключение устройств). Корзина ET-8KP8 может настраиваться через утилиту Modbus Utility, посредством которой пользователь может получить доступ к настройкам и таблице Modbus регистров.

Часть датчиков системы дублирована для проведения быстрой регистрации данных. В качестве контроллера для проведения быстрой регистрации был выбран ICP DAS WP-8841 (рисунок 2). На данном контроллере предустановлена операционная система Windows CE 5.0, имеются разъёмы VGA и USB что

позволяет подключать периферийные устройства и работать ему как отдельное устройство. Контроллер поддерживает инструментальные среды программирования Visual Studio .NET 2005/2008, eMbedded Visual C++. Подключение модулей расширения происходит как по последовательной, так и по параллельной шине данных. Для подключения и обмена информацией с автоматизированными рабочими местами операторов на контроллере имеются два порта Ethernet. Также, для подключения дополнительных модулей или шасси, предусмотрена поддержка двух портов RS232 и одного порта RS485. Обмен информацией с автоматизированными рабочими местами операторов происходит с помощью OPC-сервера NapOPC.



шасси ET-87P8-MTCP



контроллер WP-8841

Рисунок 2. Используемое оборудование

На рисунке 3 показано смонтированное оборудование. Как видно, в показанном шкафу находится пять шасси, укомплектованных модулями аналогового ввода ICP DAS I-87019RW для подключения всех первичных преобразователей системы и модулями аналогового вывода ICP DAS I-87024RW для управления нагревателями.



Рисунок 3. Смонтированное оборудование

В таблице 2 представлены показатели надежности для модернизированной подсистемы КИПиА. Как можно заметить, все оборудование имеет большую наработку компонента на отказ, т. е. время работы компонента после восстановления до следующего отказа [2]. Также, оно имеет малое время восстановления – замена одного модуля занимает всего 5 минут, при этом не нужно вносить какие-либо изменения в программу. Все оборудование свободно продается, и его можно закупить в любой момент. Следует отметить, что в комплекте имеется запас модулей, шасси и контроллеров.

Таблица 2. Показатели надежности устаревшей подсистемы

Компонент системы	Время восстановления (тв), мин	Наработка компонента на отказ (tср), ч	Средний срок службы, лет
Шасси ET-87P8-MCTP	15	200000	10
Контроллер ICP DAS WP-8841	15	200000	10
Модуль аналогового ввода I-87019RW	5	200000	10
Модуль аналогового ввода I-87015PW	5	200000	10
Высокочастотный модуль аналогового ввода I-8017HCW	5	200000	10

В системе используются 16-разрядные аналогово-цифровые преобразователи, точность измерения которых составляет ± 5 LSB (наименьший значащий бит) от настроенного диапазона измерения, т.е:

– для диапазона ± 10 В точность составит $\pm 1,5$ мВ;

– для диапазона 0...20 мА точность составит $\pm 1,5$ мкА;

– для термопары типа К: $-270...+1372$ °С (сплав хромель-алюмель) точность составит $\pm 0,125$ °С;

– для термопары типа А-1: 0...+2500 °С (сплав вольфрам-рений) точность составит $\pm 0,19$ °С;

– для термосопротивления Pt100: $-200...+450$ °С точность составит $\pm 0,04$ °С.

Был предусмотрен запас в размере 15% от необходимого количества отдельных компонентов информационно-измерительной системы, поэтому в случае выхода из строя шасси, модуля либо блока питания возможна замена неисправного компонента. При этом даже замена целого шасси, как можно увидеть из таблицы 2, займет не более 15 минут. Все автоматизированные рабочие места имеют полный функционал, то есть при выходе из строя какого-либо рабочего места можно продолжать работу на другом, пока не будет осуществлена замена (установлен новый компьютер, для которых также предусмотрен запас).

На рисунке 4 показано окно инструментальной среды разработки Trace Mode IDE 6.10. Trace Mode – это программный комплекс класса SCADA HMI, предназначенный для разработки и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. На данный момент закончен процесс добавления всех необходимых каналов, которые разбиты на группы. Для термопар были добавлены программы пересчета электрических значений с датчиков в физические величины. Идет разработка мнемосхем экранов операторов.

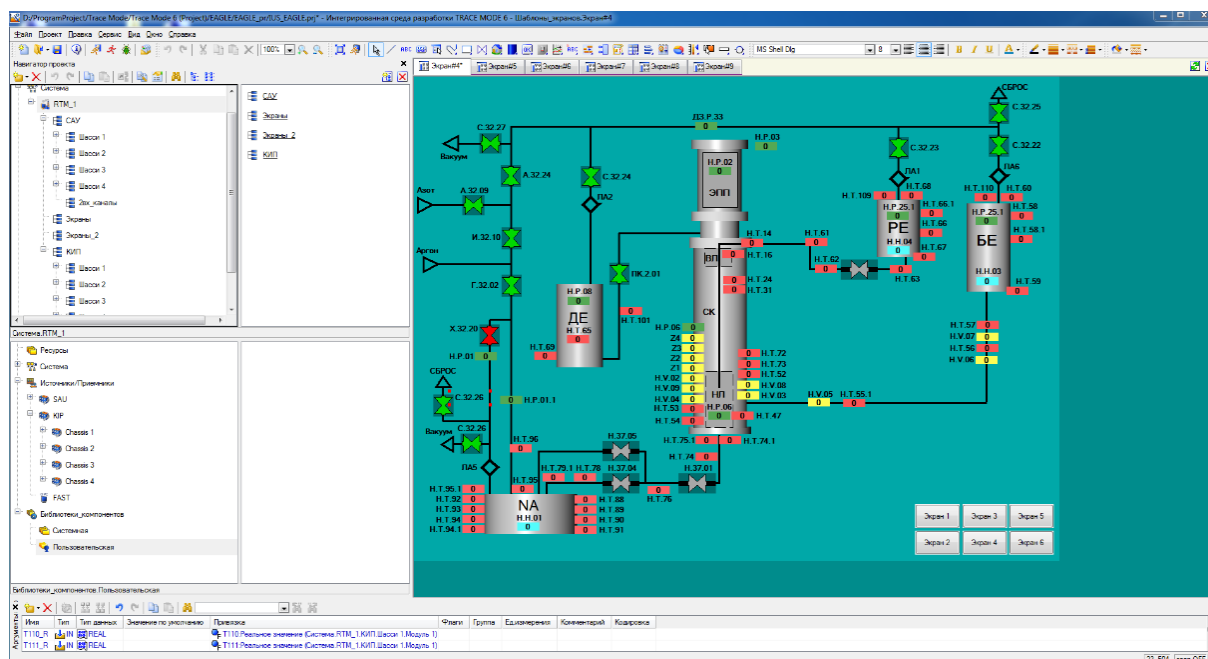


Рисунок 4. Инструментальная среда разработки Trace Mode 6.10 IDE

Разработка программ пересчета производится на языке FBD (язык функциональных блоков), входящем в стандарт IEC 61131-3, используемый в указанной выше среде разработки. На рисунке 5 представлена часть программы для пересчета электрических значений с термопар в физические величины. Для программы были дополнительно созданы функциональные блоки Termo на языке структурированного текста ST.

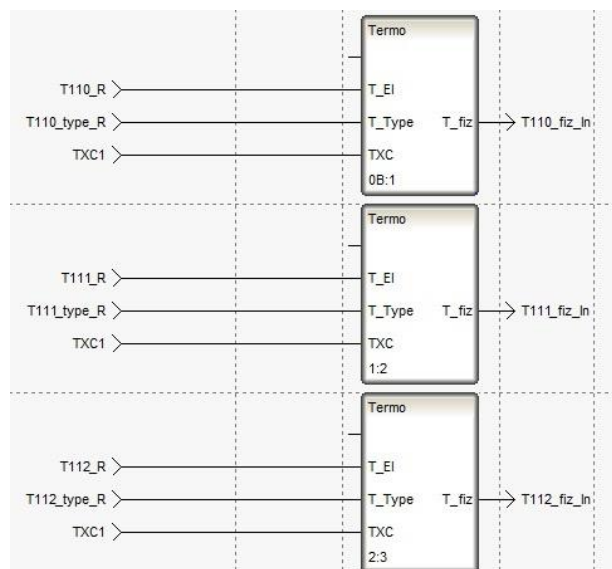


Рисунок 5. Программа пересчета термопар

Регистрация данных осуществляется на АРМ, расположенных на верхнем уровне системы, частота регистрации составляет 10 Гц, в случае необходимости оператор может уменьшить частоту регистрации до 1 Гц. Предусмотрена быстрая регистрация для основных каналов с частотой 500 Гц. Все данные напрямую сохраняются в файл в виде электронных таблиц, файл EXCEL, что значительно упрощает дальнейшую работу с зарегистрированной информацией.

При разработке графических экранов операторов в качестве фона был выбран оттенок синего цвета – это обусловлено тем, что такие оттенки дают чувство спокойствия, подталкивая к вдумчивому и рассудительному вчитыванию в информацию. Для текстовых данных был выбран шрифт без засечек Arial, так как использование шрифтов без засечек на экране облегчает чтение информации. Для создания наибольшей контрастности весь текст на экране имеет черный цвет. Размер символов для названия контрольных точек был установлен 11 пт, для названия мнемосхем был установлен размер символов 16 пт.

На мнемосхемах применяется динамизация графических элементов. Например, согласно принятой практике, для отображения включенных/открытых агрегатов либо показаний, вышедших за допустимые пределы, применяется окраска графического элемента в красных цвет, для выключенных/закрытых агре-

гатов применяется окраска в зеленых цвет. Применение таких цветов позволяет оператору четко воспринимать информацию о состоянии элементов системы. Также, для создания наибольшей контрастности, были выбраны наиболее насыщенные тона этих цветов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы на установке будет внедрена качественно новая информационно-управляющая система. К концу 2021 года было смонтировано приобретенное оборудование, произведена первичная настройка модулей и корзин расширения с помощью специализированного программного обеспечения. Разработано программное обеспечение для пересчета электрических сигналов с первичных преобразователей в физические величины для подсистемы контрольно-измерительных приборов и автоматики, ведется разработка и программирование консолей операторов для подсистемы контрольно-измерительных приборов (КИП) ИУС «EAGLE».

За счет применения современного оборудования и программного обеспечения, будут достигнуты большое быстродействие и надежность системы, а также обеспечена возможность наращивания системы, что приведет к повышению качества научных исследований, проводимых на этом стенде.

Применение SCADA-системы позволит создать экраны операторов с высокими эргономическими характеристиками и большой информационной емкостью. Благодаря регистрации экспериментальных данных в цифровом виде, упрощается их обработка и дальнейшие расчеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильиных С.А., Сысаетин А.В., Ермаков В.А., Кудранова А.Б., Наурызбаев Р.Ж., Модернизация информационно-управляющей системы экспериментального стенда «EAGLE» // Вестник НЯЦ РК. – 2019. – Вып. 4. – С. 38–44.
2. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике.
3. WinPAC-8000 User Manual (For Standard WP-8000) Version 2.0.9. – 2014 ICP DAS Co., Ltd.
4. ГОСТ 11064-5-2015 Эргономическое проектирование центров управления. Дисплеи и элементы управления.

REFERENCES

1. Il'inykh S.A., Sysaletin A.V., Ermakov V.A., Kudranova A.B., Nauryzbaev R.Zh., Modernizatsiya informatsionno-upravlyayushchey sistemy eksperimental'nogo stenda «EAGLE» // Vestnik NYaTs RK. – 2019. – No. 4. – P. 38–44.
2. GOST 27.002-2015 Nadezhnost' v tekhnike.
3. WinPAC-8000 User Manual (For Standard WP-8000) Version 2.0.9. – 2014 ICP DAS Co., Ltd.
4. GOST 11064-5-2015 Ergonomic design of control centers. Displays and controls.

**«EAGLE» ЭКСПЕРИМЕНТТІК СТЕНДІНІҢ БАҚЫЛАУ-ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫ
МЕН АВТОМАТИКАСЫНЫҢ КІШІ ЖҮЙЕСІН ЖАҢҒЫРТУ**

С.А. Ильиних, А.В. Сысаетин, В.А. Ермаков, А.Б. Кудранова, Р.Ж. Наурызбаев, Р.С. Исламов

ҚР ҰАО РМК «Атом энергиясы институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

2021 жылдың басынан бастап қазіргі уақытқа дейін Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы РМК «Атом энергиясы институты» филиалында «EAGLE» эксперименттік стендінің ақпараттық-басқару жүйесінің бақылау-өлшеу аспаптары мен автоматикасының кіші жүйесін жаңғырту бойынша жұмыстар жүргізілуде. Осы жұмыстың аясында сатып алынған жабдықтар орнатылып, Modbus Utility мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен модульдер мен кеңейту себеттерін бастапқы күйге келтіру жүргізілді.

Түйін сөздер: ақпаратты басқару жүйесі, бақылау-өлшеу аспаптары және автоматика жүйесі, модуль, кеңейту себеті, шасси, жұмыс станциясы, аналогтық сигнал.

**CONTROL AND INSTRUMENTATION SUBSYSTEM MODERNIZATION
OF THE EAGLE TEST BENCH**

S.A. Ilinykh, A.V. Sysaletin, V.A. Ermakov, A.B. Kudranova, R.Zh. Nauryzbaev, R.S. Islamov

Branch “Institute of Atomic Energy” RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

From the beginning of 2021 to the present, “Institute of Atomic Energy” branch of the RSE “National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan” has been working on modernization of the control and instrumentation subsystem of the information and control system of the EAGLE test bench. As part of this work, the purchased equipment was mounted, the primary adjustment of the modules and expansion baskets was made using the specialized Modbus Utility software included in the delivery set.

Keywords: information management system, instrumentation and automation system, module, expansion basket, chassis, workstation, analog signal.