

УДК 658.012.011.56:658.512

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «EAGLE»

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

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

С 2019 года в институте атомной энергии проводятся работы по модернизации информационно-управляющей системы экспериментального стенда «EAGLE». В настоящий момент сформулированы задачи, которые будут решены в результате проведения модернизации, разрабатываются алгоритмы обработки данных от первичных преобразователей, способы визуализации и представления информации на экранах операторов пультов. Итогом данной работы будет являться совершенствование процесса контроля, регистрации, отображения экспериментальной информации на стенде «EAGLE».

ВВЕДЕНИЕ

Действующая информационно-управляющая система (ИУС) экспериментального стенда «EAGLE» предназначена для сбора данных от первичных преобразователей систем контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматического управления (САУ), отображения данных на экранах мониторов операторов, их регистрации и выдачи сигналов на реле управления САУ.

Система поддерживается в рабочем состоянии и, в целом, решает поставленные задачи. Однако, на сегодняшний день она по целому ряду параметров не может гарантировать стабильность работы, точность и полноту сбора данных, морально устарела и не соответствует современным требованиям по архитектуре таких систем, практически полностью выработала свой ресурс и в связи с этим способна выйти из строя в самый неподходящий момент.

Целью предлагаемой модернизации ИУС является повышение ее надежности и безопасности за счет полной замены устаревшего оборудования и внедрение современных информационных технологий. Это обеспечит качественно новые возможности для более точных измерений, обработки и последующего анализа получаемых данных, представления информации на современном гибком и удобном интерфейсе оператора и научных сотрудников.

Кроме того, актуальность модернизации определяется важностью ИУС для реализации функций обеспечения безопасности установки. Наличие точной оперативной информации о работе экспериментального стенда является одним из важнейших условий разумной и адекватной реакции операторов и систем автоматического регулирования на любые ситуации, возникающие как в условиях нормальной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях.

Задачи ИУС стенда «EAGLE»

Экспериментальный стенд «EAGLE» предназначен для исследования процессов, сопровождающих тяжелые аварии с плавлением активной зоны энергетических ядерных реакторов на быстрых нейтронах

[1]. На данный момент исследования направлены на изучение ключевых процессов, доминирующих в фазах перемещения топлива и отвода тепловыделения (знание которых необходимо для оценки возможности удержания топлива внутри корпуса реактора при аварии с разрушением активной зоны) [2].

Информационно-управляющая система стенда решает следующие задачи:

- сбор, преобразование и регистрация измерительной аналоговой информации от датчиков экспериментальной установки и технологических систем стенда;
- сбор и регистрация дискретных сигналов о состояниях агрегатов стендовой автоматики;
- формирование управляющих сигналов на агрегаты стендовой автоматики и их регистрация с устройств управления автоматизированного рабочего места оператора;
- отображение экспериментальной и служебной информации на мониторах в помещении пультной стенда;
- расчет технологических параметров по совокупности показаний измерительных каналов;
- предварительная обработка экспериментальной информации после проведения пусков на установке.

ИУС включает в себя средства, которые позволяют редактировать, формировать базы каналов, осуществлять редактирование существующих и создание новых экранов операторов.

Существующая ИУС экспериментального стенда «EAGLE» разработана в 2002 году на языках программирования Delphi 7, C++ Builder, Borland C++. Все программные среды, интерфейсы, преобразователи, соединительные кабели и другие ее компоненты на сегодняшний день сняты с производства, их запас для выполнения замены вместо вышедших из строя практически отсутствует. Система управления нагревателями разработана в среде LabView (управление и визуализация). Визуализация технологических процессов и управление ими осуществлены на Scada-системе Trace Mode 5 [3].

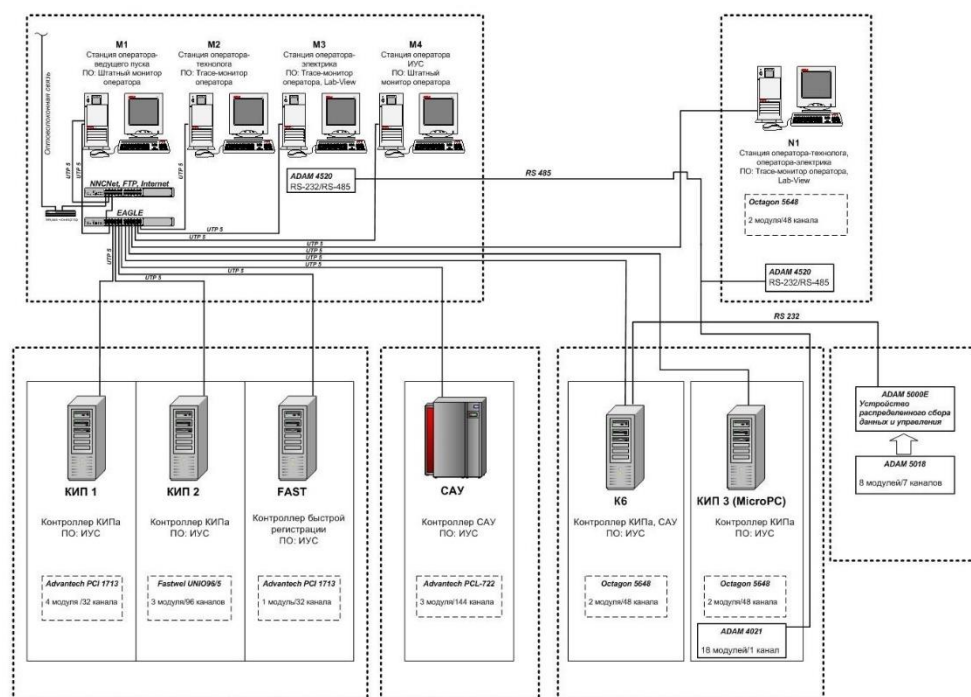


Рисунок 1. Структурная схема ИУС экспериментального стенда «EAGLE»

В настоящее время ИУС экспериментального стенда «EAGLE» построена по следующему принципу (рисунок 1). Контроллер сбора данных CAU (рисунок 2), соединение с модулями ввода-вывода дискретных сигналов осуществляется с помощью соединительных кабелей PC-10150. В контроллер установлен процессорный модуль на базе ПЭВМ Pentium E 5300 (с встроенным ISA шлейфом), накопители на жестких дисках со специализированным программным обеспечением контроллера CAU. Указанная ПЭВМ является одним из слабых звеньев в системе. Сбор данных осуществляется платами ввода-вывода дискретных сигналов PCL-722 (144 канала) с помощью специализированного программного обеспечения.



Рисунок 2. Контроллер CAU

Кабели дискретных каналов подключаются к плате с гальванической развязкой (тип MBP-24). На самой плате расположены преобразователи Grayhill серии 70G-ODC5R (дискретный вывод), 70G-IDC5 (дискретный ввод).

Контроллер сбора данных КИП (рисунок 3), соединение с нормирующими преобразователями входного сигнала осуществляется через соединительные разъемы клеммных плат КИП с помощью шлейфовых кабелей MPB-24/26 и DB-37. В платы встраиваются преобразователи типа Grayhill 73G, 73L. В контроллер установлена процессорная плата Pentium-433, накопители на жестких дисках со специализированным программным обеспечением контроллера КИП.



Рисунок 3. Контроллер КИП

Сбор данных осуществляется аналого-цифровыми преобразователями входного сигнала PCI-1713 (32 канала) и UNIO-96/5 (96 каналов) с помощью специализированного программного обеспечения.

Как ранее было отмечено, действующая ИУС экспериментального стенда «EAGLE» введена в эксплуатацию в 2002 году. В 2013 году была проведена частичная модернизация контроллеров и рабочих станций (пультовая).

Учитывая значительный срок эксплуатации системы, на сегодняшний день ее ключевые элементы подходят к пределу своих эксплуатационных возможностей. Указанные компоненты ИУС практически не имеют необходимого комплекта запасных частей для замены, используемые вычислительные машины морально устарели. В этой связи следует отметить, что вопрос модернизации рассматриваемой ИУС невозможно решить «точечными» заменами наиболее уязвимых узлов, ввиду несоответствия существующей архитектуры построения системы современным представлениям об ИУС. Для оперативной замены вышедших из строя компонентов используется имеющийся резерв, также восстановленный по результатам ремонта, поскольку в настоящее время ни ПЭВМ с необходимыми шинами и интерфейсами, ни прочие элементы системы (преобразователи, контроллеры и т.д.) не производятся, указанное оборудование приобрести невозможно.

Производители используемого в ИУС устаревшего аппаратного обеспечения в настоящее время не поддерживают его на современных операционных системах. Так, драйвер модуля PCL 722 имеется только для операционной системы Windows 98, а для Windows XP и более новых ОС таких драйверов не существует.

Отсутствуют резерв длительно эксплуатируемых преобразователей Grayhill серии 70G-ODC5R, 70G-IDC5, для которых также характерна ситуация отсутствия драйверов для операционных систем Windows XP и более новых.

Отсутствует возможность внесения изменений в систему автоматического управления экспериментальным стендом «EAGLE». Так, интерфейс оператора (рисунок 4) разработан в программной среде Scada-системы Tracemod (далее – ТМ) версии ТМ5, поддержка которой официальными разработчиками прекращена около 10 лет назад. Используемая Scada-система уступает по многим параметрам современной версии ТМ6, для которой характерны более удобный интерфейс, возможности настройки и поддержка на уровне производителя. Важным недостатком используемой Scada-системы ТМ5 является отсутствие самодиагностики при сбое и неисправности модуля, что не позволяет оперативно устранять возникающие сбои и неполадки.

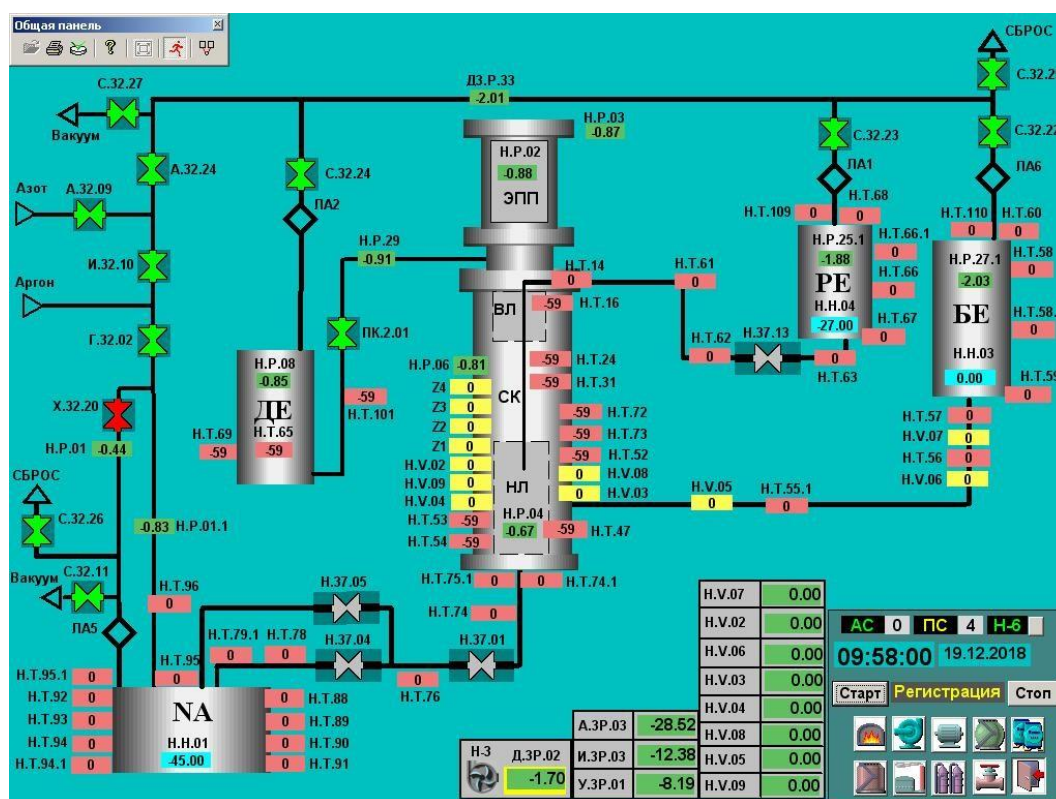


Рисунок 4. Экран оператора в Scada-системе «ТМ5»

Ряд проблемных аспектов имеется в структуре действующей системы контрольно-измерительных приборов. Интерфейс оператора также разработан на устаревшей среде Scada-системе TM5, а расчет температуры производится программой на языке программирования C++ Builder, Borland C++, в этой связи возникают проблемы совместимости систем при добавлении термопар иного типа, нежели имеются в программе (имеются только типы термопар: А-1, S, L, K, В). Современные, имеющиеся на рынке модули (преобразователи температуры), как правило, имеют возможность преобразования электрической величины в физическую (температуру), что увеличивает точность показаний и уменьшает нагрузку на контроллер.

К вышеизложенному необходимо добавить то, что разные модули ИУС разработаны на различных языках программирования, что критически затрудняет внесение изменений в логику системы. Отсутствие исходного кода ряда модулей системы обуславливает невозможность их редактирования и перекompilляции, что закрывает возможности модернизации системы на программном уровне и обновлению её версии. Также, для подсистемы КИП характерна общая для всей системы проблема отсутствия драйверов на модули и преобразователи на операционные системы позднее Windows 98, отсутствие резерва преобразователей Grayhill серии 73G (0–100 мВ), 73L, которые сняты с серийного производства с 2010 года.

К одному из недостатков подсистемы КИП также следует отнести действующий принцип построения её архитектуры: контроллеры КИП связаны друг с другом, при потере связи некоторые элементы управления (управление нагревателями) перестают откликаться, имеет место временная потеря показания контрольных точек подсистем, в результате необходимо периодически перезапускать ПО на контроллере, чего следовало бы избежать во время пусковых работ.

Подводя итог вышеизложенному, необходимо сделать вывод о том, что существующая ИУС, выполняя свои функции, все же не в полной мере соответствует современным требованиям к качеству представляемой информации и не всегда обеспечивает требуемые показатели.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИУС «EAGLE»

Для проведения экспериментальных исследований с заданной точностью следует учитывать, что по проекту технические средства ИУС «EAGLE» должны обеспечивать:

- 1) сбор и регистрацию измерительной информации с периодом опроса каналов 0,1; 1; 10 с;
- 2) вывод дискретных сигналов (на аппаратуру САУ);

3) автономную регистрацию текущих значений измеряемых параметров по всем аналоговым и дискретным каналам с периодом регистрации на контроллерах 0,1; 1; 10 с, а также быструю регистрацию основных каналов с частотой 10 кГц. Общее время регистрации не менее 10 ч;

4) функциональную независимость всех АРМ операторов и местных пультов друг от друга;

5) время готовности ИУС при включении не более 30 мин;

6) единую архитектуру ИУС;

7) гальваническую развязку между контроллером САУ и элементами промышленной автоматики.

ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ ИУС «EAGLE»

ПО ЕЁ МОДЕРНИЗАЦИИ

Одной из целей предлагаемой модернизации является реализация ИУС на одной платформе, что в конечном итоге позволит производить регистрацию необходимых измерений с заданными частотами.

Предлагаемый нами вариант модернизации ИУС «EAGLE» включает в себя создание пяти автоматизированных рабочих мест операторов (АРМ) и трех контроллеров сбора и обработки информации. В результате, планируемая ИУС «EAGLE» будет являться моноплатформенной, территориально-распределенной, унифицированной по интерфейсам и протоколам системой с тремя уровнями иерархии (рисунок 5).

Нижний уровень ИУС включает в себя датчики, контролирующие управляемые параметры и исполнительные устройства, воздействующие на эти параметры процесса, для приведения их в соответствие с заданием. На этом уровне осуществляется согласование сигналов датчиков с входами устройства управления и вырабатываемых команд с исполнительными устройствами.

Средний уровень ИУС осуществляет функции измерения в реальном масштабе времени по заданным параметрам, сбор, регистрацию, первичную обработку измерительной информации о контролируемых технологических параметрах по всем подсистемам ИУС, формирование и выдачу сигналов на управление исполнительными механизмами, а также предупредительную сигнализацию и аварийную защиту.

Верхний уровень ИУС осуществляет прием данных от контроллеров подсистем среднего уровня и регистрацию текущих значений измеряемых параметров, отображение заданных групп текущих значений измерительной и служебной информации в виде таблиц, графиков, гистограмм, мнемосхем и других визуальных фрагментов на АРМ операторов, передачу команд для переключения режимов контроллеров среднего уровня.

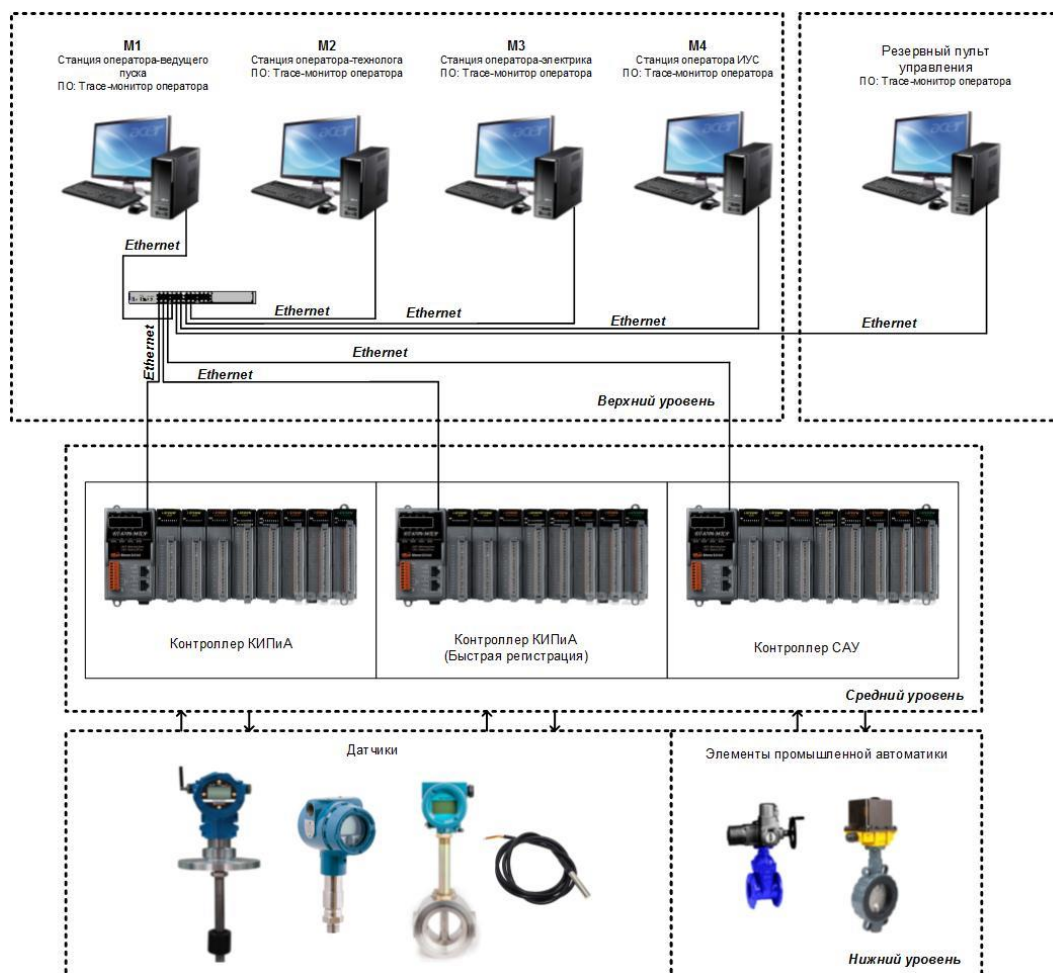


Рисунок 5. Структурная схема ИУС экспериментального стенда «EAGLE»

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИУС «EAGLE»

Оборудование нижнего уровня ИУС при проведении предлагаемой модернизации заменяться не будет.

В качестве оборудования среднего уровня системы нами выбраны продукты компании ICP DAS (рисунок 6), поскольку они обладают высокими эксплуатационными и техническими характеристиками, в том числе по таким ключевым показателям как коэффициент готовности, средняя наработка на отказ, время восстановления, назначенный ресурс работы.



Рисунок 6. Промышленный контроллер WP-8841-MicroTraceMode256 [4]

В качестве средства программирования контроллеров и разработки графических экранов АРМ операторов выбран программный продукт Trace Mode 6. Инструментальная система TRACE MODE 6 состоит из интегрированной среды разработки и отладочного монитора реального времени – профайлера. Интегрированная среда разработки TRACE MODE 6 представляет собой единую программную оболочку, объединяющую все основные компоненты инструментальной системы [5]:

- SOFTLOGIC – систему программирования контроллеров;
- SCADA/HMI – систему разработки распределенной АСУТП;
- MES-EAM-HRM – экономические модули, объединенные общим названием T-FACTORY.exe™, для создания АСУП, полностью интегрированных с АСУТП.

Указанный выбор обусловлен тем, что Trace Mode 6 поддерживает и позволяет провести программирование выбранных контроллеров ICP DAS. Программный продукт Trace Mode 6 представляет собой пакет программного обеспечения на основе операционной системы MS Windows, предназначенный для разра-

ботки и выполнения прикладных программ по сбору технологических данных, оперативному контролю и управлению технологическими процессами. Trace Mode 6 включает инструменты для создания человеко-машинного интерфейса, включая анимированные графические дисплеи реального времени, тренды, а также сводки по сигналам тревоги и событиям системы, методы регистрации технологических данных. Для интеграции с другими программными продуктами и расширения функциональных возможностей разрабатываемых проектов, в Trace Mode 6 встроена поддержка таких технологий как ActiveX, VBA, OLE, ODBC, OPC и DDE. Для настройки сетевого взаимодействия между контроллером и АРМ оператора в программный продукт Trace Mode 6 включены все необходимые драйверы [5].

В ИУС будет использован: «дисплейный» способ контроля и управления, который предполагает, что основным средством представления информации оператору и выдачи управляющих команд являются дисплейные терминалы с цветными графическими дисплеями и функциональными клавиатурами, а также «дисплейное» задание режимов работы оборудования и регуляторов, экран коллективного пользования, микропроцессорные средства среднего уровня, высокий уровень автоматизации.

По итогам реализации указанного проекта будет обеспечено выполнение всех указанных в настоящей статье технических требований к измерительной и управляющей системе экспериментального стенда «EAGLE».

Следует отметить, что реализация данного проекта была бы невозможной без финансовой помощи Агентства по уменьшению угрозы Министерства обороны США, представители которого высоко оценили как важность самого проекта, так и уровень его проработки на презентации этого проекта во время своего посещения НЯЦ РК в августе 2018 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.С., Пивоваров О.С., Зуев В.А., Игнашев В.И., Колодешников А.А., Яковлев В.В. Вне реакторный экспериментальный стенд для исследования проблем безопасности быстрых реакторов. – Вестник НЯЦ РК, 2002, выпуск 1, С. 18–24.
2. S. Kubo, Y. Tobita, I. Sato, S. Kotake, H. Endo, K. Koyama, K. Konishi, K. Kamiyama, K. Matsuba, J. Toyooka, V.A. Zuyev, A.V. Pakhnits, V.A. Vityuk, V.A. Gaidaichuk, A.D. Vurim, A.A. Kolodeshnikov, Y.S. Vassiliev. Main outcomes and future plan of the EAGLE project. – Вестник НЯЦ РК, 2016, выпуск 1, С. 13–18.
3. Колокольцов М.В. Разработка программного обеспечения автоматизации быстродействующей системы измерений параметров жидкого натрия на платформе WINDOWS. – Вестник НЯЦ РК, 2005, выпуск 4, С. 102–109.
4. WinPAC-8000 User Manual (For Standard WP-8000) Version 2.0.9. – 2014 ICP DAS Co., Ltd.
5. Руководство пользователя SCADA Trace Mode 6. Том 1. 14 издание. – Москва, 2011.
6. ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

Выводы

ИУС экспериментального стенда «EAGLE» предназначена для измерения параметров проводимых экспериментов и управления нагревателями, задвижками и другой аппаратурой стенда.

В целях успешного проведения научных экспериментов, изучения физических процессов и явлений необходимы сбор и регистрация точных и достоверных данных о работе экспериментального стенда «EAGLE». Существующая в данный момент ИУС не в полной мере соответствует современным требованиям к качеству представляемой информации и не всегда обеспечивает полноту и точность требуемых показателей.

В этой связи, разработка и реализация проекта способствует увеличению показателей надежности исследовательского стенда «EAGLE» и как следствие – повышению качества научных исследований, проводимых на этом стенде.

В разрабатываемой ИУС будут применены эргономические оформленные рабочие места операторов управления установкой, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50923-96 [6], будет разработана система аварийной защиты и предупредительной сигнализации, организована регистрация данных на АРМ операторов. Предложенные решения лежат в основе создания надёжной ИУС с высокими техническими и эксплуатационными характеристиками.

**«EAGLE» ЭКСПЕРИМЕНТТІК СТЕНДІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ - БАСҚАРУ
ЖҮЙЕЛЕРІН ЖАҢҒЫРТУ**

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

ҚР ҰАО РМК Атом энергиясы институты, Курчатов, Қазақстан

2019 жылдан бастап Атом энергиясы институтында «EAGLE» эксперименттік стендінің ақпараттық-басқару жүйелерін жаңғырту бойынша жұмыстар жүргізілуде. Осы кезде жаңғырту нәтижесінде шешілетін міндеттер қалыптастырылды, алғашқы түрлендіргіштерден деректерді өңдеу алгоритмдері, ақпараттарды визуалдау және пульт операторларының экрандарында көрсету тәсілдері әзірленуде. Бақылау, тіркеу, эксперименттік ақпараттарды «EAGLE» стендіне көрсету үдірісін жетілдіру - осы жұмыстың қорытындысы болып табылады.

**MODERNIZATION OF THE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM
OF THE “EAGLE” TEST BENCH**

S.A. Ilinykh, A.V. Syssaletin, V.A. Ermakov, A.B. Kurdanova, R.Zh. Nauryzbaev

Institute of Atomic Energy NNC RK, Republic of Kazakhstan, Kurchatov

Since 2019, works on the modernization of management information systems of the "EAGLE" test bench are carried out at the Institute of Atomic Energy. The tasks are formulated, which will be solved during modernization. Algorithms of data processing from primary converters and visualization methods and presentation of information on the screens of operators of consoles are developing. The result of this work will be the improvement of the control process, registration, display of experimental information on the "EAGLE" test bench.