

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»  
Филиал «Институт атомной энергии»  
(Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК)

УДК 658.012.011.56:658:512

**Ильиных Станислав Алексеевич**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «EAGLE». ПОДСИСТЕМА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР  
молодых ученых и специалистов  
Национального ядерного центра Республики Казахстан

(инженерно-технические)

Руководитель темы: Сысалетин А.В.,  
начальник отдела автоматизации систем контроля и управления,  
Институт атомной энергии РГП НЯЦ РК

г. Курчатов, 2020 г.

АВТОР

**Ильных Станислав Алексеевич**

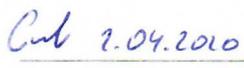
Инженер отдела автоматизации систем контроля и управления  
Филиала «Институт атомной энергии» РГП «НЯЦ РК»,  
1993 года рождения,  
образование высшее (Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет в 2017 г.),  
специальность – Электроника и автоматика физических установок,  
квалификация по диплому – специалист,  
работает в Филиале «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2017 г.,  
общий стаж работы 3 года.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

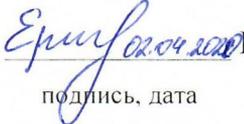
Руководитель темы,  
начальник отдела 290

  
А.В. Сысалетин  
подпись, дата

Исполнитель темы,  
инженер отдела 290

  
С.А. Ильных  
подпись, дата

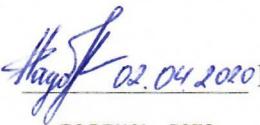
начальник группы отдела 290

  
В.А. Ермаков  
подпись, дата

инженер-программист 2 категории отдела 290

  
А.Б. Кудранова  
подпись, дата

инженер отдела 290

  
Р.Ж. Наурызбаев  
подпись, дата

**ИЛЬИНЫХ С.А.**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «EAGLE». ПОДСИСТЕМА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.**

**Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и  
специалистов**

**Национального ядерного центра Республики Казахстан  
от филиала «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК»**

**071100, г. Курчатов, ул. Бейбыт Атом, 10,  
тел. (722-51) 3-31-25, 41-51 (вн.)  
факс (722-51) 3-31-25  
E-mail: Ilinykh@nnc.kz**

**Реферат**

Конкурсная работа содержит 13 с., 4 рис., 4 источника.

**ИНФОРМАЦИОННО УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ, МОДУЛЬ, КОРЗИНА РАСШИРЕНИЯ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
РАБОЧЕЕ МЕСТО**

**Актуальность:** Актуальность разработки проекта определяется тем, что существующая ИУС, введенная в эксплуатацию в 2002 году не в полной мере соответствует современным требованиям к качеству представляемой информации и не всегда обеспечивает полноту и точность проводимых измерений. Поэтому разработка и реализация проекта помимо улучшения системы измерений также способствует увеличению показателей надежности исследовательского стенда «EAGLE».

**Объектом исследования:** является ИУС экспериментального стенда «EAGLE», в части подсистемы автоматического управления.

**Цель работы:** увеличение показателей надежности ИУС экспериментального стенда «EAGLE» за счет полной замены устаревшего оборудования и внедрения современных информационных технологий в подсистеме САУ.

**Задачи:**

- обеспечить сбор измерительной информации с периодом опроса каналов 0,1; 1; 10 с;
- предусмотреть вывод дискретных сигналов (на аппаратуру системы автоматического управления (САУ));
- обеспечить автономную регистрацию текущих значений измеряемых параметров по всем дискретным каналам с периодом регистрации на автоматизированных рабочих местах 0,1; 1; 10 с. 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;
- обеспечить гальваническую развязку между модулями САУ и агрегатами стендовой автоматизации.

**Практическая ценность:** модернизация позволит создать рабочие места операторов, соответствующие современным требованиям по эргономике, организовать регистрацию данных в удобном для обработки виде. Реализация проекта способствует увеличению показателей надежности экспериментального стенда «EAGLE» и как следствие - повышению качества научных исследований проводящихся на этом стенде.

**Научная новизна:** экспериментальный стенд «EAGLE» предназначен для исследования процессов, сопровождающих тяжелые аварии с плавлением активной зоны энергетических ядерных реакторов на быстрых нейтронах. 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). Модернизация, за счет применения современных средств вычислительной техники, обеспечит качественно новые возможности для более точных измерений, упрощенной обработки и последующего анализа получаемых данных, представления информации на современном гибком и удобном интерфейсе операторов и научных сотрудников.

**Результат работ:**

- настройка модулей ввода/вывода дискретных сигналов;
- программное обеспечение и мнемосхемы для автоматизированных рабочих мест операторов;
- эксплуатационная документация.

**Степень завершенности работ:** работа завершена на 35 %.

**Личный вклад автора:**

- настройка модулей ввода/вывода дискретных сигналов;
- разработка программного обеспечения;
- разработка мнемосхем для автоматизированных рабочих мест операторов;
- разработка эксплуатационной документации.

**Публикации:**

- Ильиных С.А., Сысалетин А.В., Ермаков В.А., Кудранова А.Б., Наурызбаев Р.Ж., Модернизация информационно-управляющей системы экспериментального стенда «EAGLE» – Вестник НЯЦ РК, 2019 г., вып. 4, с. 38-44.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ИУС – информационно управляющая система;

САУ – система автоматического управления;

АСА – агрегаты стендовой автоматики;

ПНР – пуско-наладочные работы;

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition System.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ .....	7
1 Информационно-управляющая система экспериментального стенда «EAGLE».....	7
2 Модернизация ИУС САУ .....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	12
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	13

## ВВЕДЕНИЕ

С 2019 года и по настоящее время в филиале «Институт атомной энергии» РГП Национальный ядерный центр Республики Казахстан (далее филиал ИАЭ) проводятся работы по модернизации ИУС экспериментального стенда «EAGLE».

Актуальность определяется важностью модернизации для реализации функций обеспечения надежности ИУС экспериментального стенда «EAGLE». Наличие точной оперативной информации о работе 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. Модернизация обеспечит качественно новые возможности для более глубокого анализа и обработки получаемых данных, представления информации на более гибком и удобном интерфейсе оператора и научных сотрудников.

В рамках данной работы будет произведена модернизация подсистемы автоматического управления.

В дальнейшем, во второй половине 2020 и 2021 году будет произведена модернизация подсистемы контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА).

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1 ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА «EAGLE»

Информационно-управляющая система (ИУС) экспериментального стенда «EAGLE» обеспечивает получение измерительной информации от первичных преобразователей КИПиА и технологических систем стенда, ее преобразования, обработки с целью представления потребителю в требуемом виде, а также автоматического осуществления функций логического контроля технологических параметров систем стенда.

В состав ИУС стенда «Eagle» входят следующие базовые подсистемы:

- подсистема сбора, первичного преобразования и регистрации аналоговой информации от первичных средств измерения технологических параметров установки на базе микроконтроллера фирмы Advantech;
- подсистема сбора и регистрации состояния агрегатов стендовой автоматики системы автоматического управления, а также формирования управляющих воздействий на агрегаты установки с дискретным управлением на базе микроконтроллера фирмы Advantech;
- системы регистрации и отображения параметров установки на автоматизированных рабочих местах операторов на базе персональных ЭВМ;
- программный комплекс отображения, контроля измерительной информации и формирования предупредительной и аварийной сигнализации;
- система связи технических и программных компонентов ИУС на базе локальной вычислительной сети.

Информационно-управляющая система обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- сбор, преобразование и регистрацию измерительной аналоговой информации от датчиков экспериментальной установки и технологических систем стенда;
- сбор и регистрацию дискретных сигналов о состояниях агрегатов стендовой автоматики;
- формирование управляющих воздействий на агрегаты стендовой автоматики и их регистрацию по установленному сигналу с устройств управления автоматизированного рабочего места оператора;
- отображение экспериментальной и служебной информации на мониторах в помещении пультовой стенда;

- косвенный расчет технологических параметров по совокупности показаний измерительных каналов;
- предварительную обработку экспериментальной информации после проведения пусков на установке.

Существующая ИУС «Eagle» разработана на языках программирования Delphi 7, C++ Builder. Система управления нагревателями разработана в среде LabView (управление и визуализация). Визуализация технологических процессов и управление ими осуществлено на Scada-системе Trace mode 5 [1].

В настоящее время ИУС экспериментального стенда «EAGLE» построена по следующему принципу (рисунок 1).

### Структурная схема ИУС стенда “EAGLE”

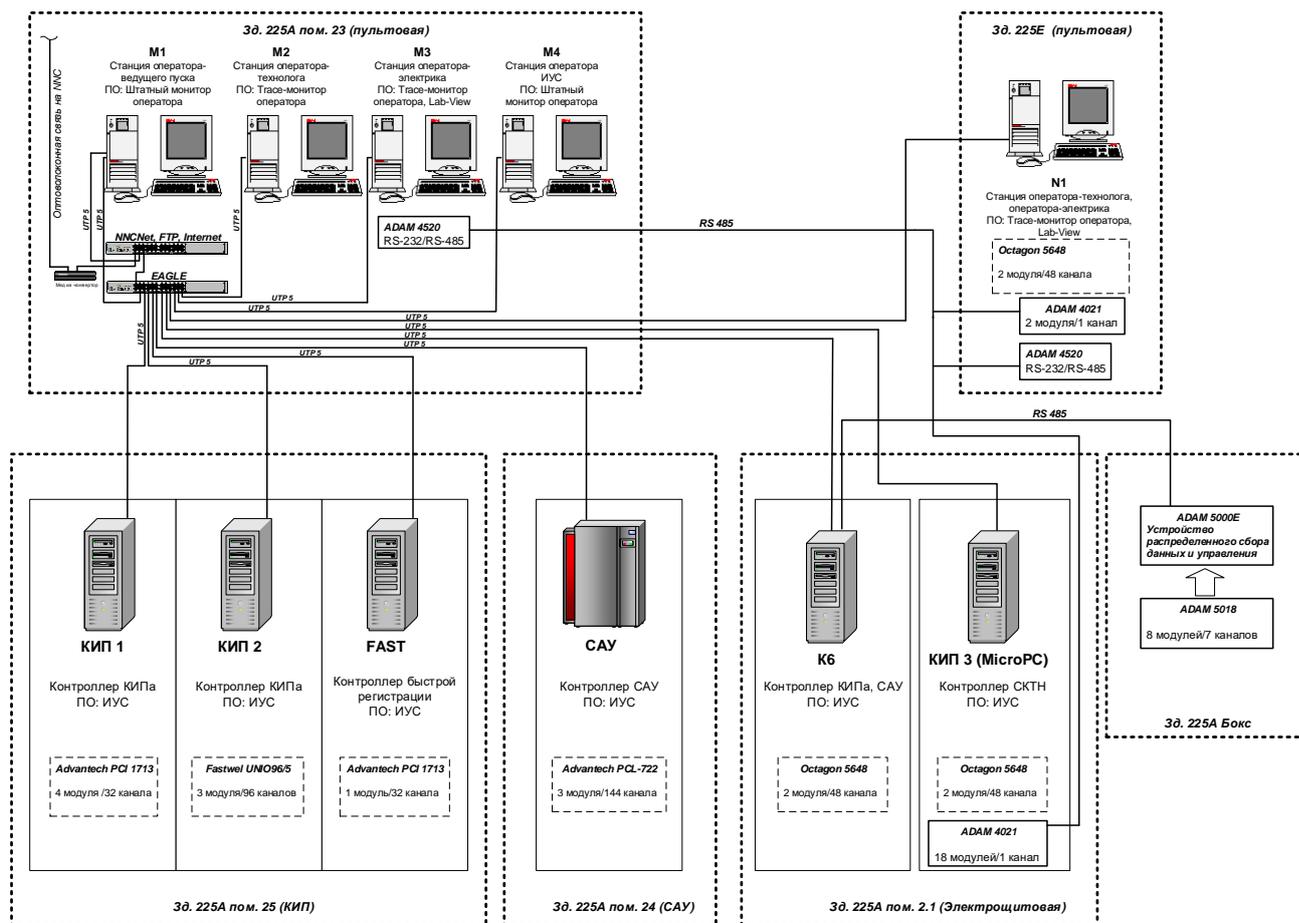


Рисунок 1. Структурная схема ИУС экспериментального стенда «EAGLE»

В контроллере сбора данных CAU 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. Сбор данных осуществляется платами ввода-вывода дискретных сигналов PCL-722 (144 канала) с помощью специализированного программного обеспечения. Кабели дискретных каналов подключаются к плате с гальванической развязкой MBP-24. На самой плате расположены преобразователи Grayhill серии 70G-ODC5R (дискретный вывод), 70G-IDC5 (дискретный ввод) [2].

В контроллере сбора данных КИП 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. Сбор данных осуществляется аналого-цифровыми преобразователями входного сигнала PCI-1713 (32 канала) и UNIO-96/5 (96 каналов) с помощью специализированного программного обеспечения [2].

Следует отметить, что ИУС «Eagle» введен в эксплуатацию в 2002 году. В 2013 году отделом 290 проведена частичная модернизация контроллеров и рабочих станций (пультовая).

Учитывая значительный срок эксплуатации системы, на сегодняшний день ее ключевые элементы полностью выработали свой ресурс и способны выйти из строя в любой момент. Указанные компоненты ИУС не имеют необходимого комплекта запасных частей для замены, используемые вычислительные машины устарели физически и морально. Необходимо подчеркнуть, что вопрос модернизации рассматриваемой ИУС невозможно решить «точечными» заменами наиболее уязвимых узлов, поскольку действующая архитектура ИУС устарела и в настоящее время ни ПЭВМ с необходимыми шинами и интерфейсами, ни прочие ее компоненты (преобразователи, контроллеры и т.д.) не производятся, указанное оборудование приобрести невозможно.

## 2 МОДЕРНИЗАЦИЯ ИУС САУ

ИУС САУ предназначена сбора и регистрации информации о состоянии агрегатов стендовой автоматики (АСА) системы автоматического управления, а также формирования управляющих воздействий на агрегаты установки с дискретным управлением на базе микроконтроллерных средств фирмы ICP DAS.

Конструктивно ИУС САУ состоит из трехуровневого комплекса на базе корзин расширения (шасси) и модулей ввода/вывода дискретных сигналов ICP DAS серии 8000 (рисунок 2).

Функциональными задачами шасси и модулей являются:

- сбор информации о состоянии АСА;
- передача сигналов управления на АСА;
- обмен информацией с автоматизированным рабочим местом оператора ИУС САУ.

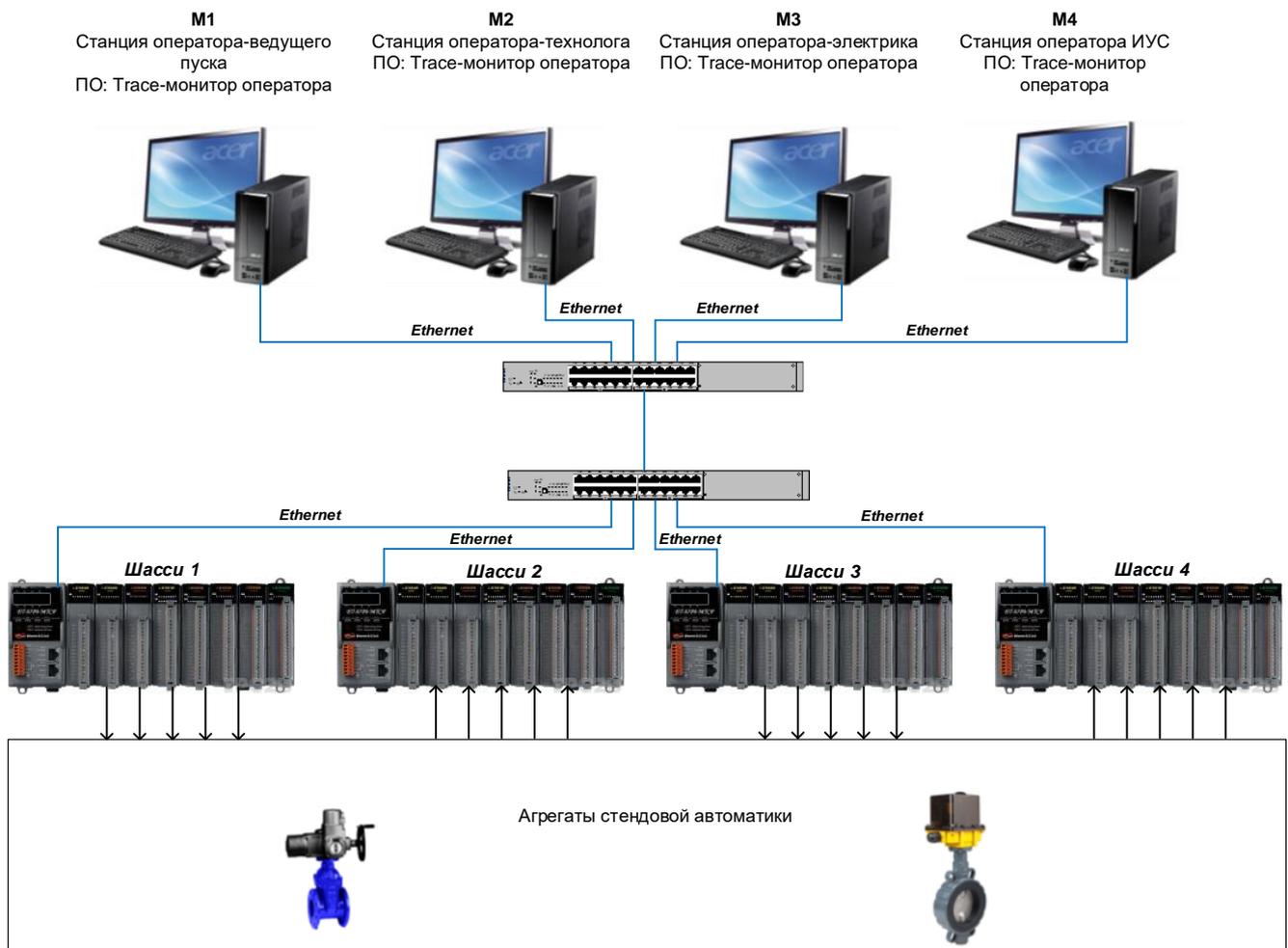


Рисунок 2 – Структура ИУС САУ

Нижний уровень ИУС включает АСА. На этом уровне осуществляется согласование сигналов агрегатов стенда с входами устройств управления.

Средний уровень ИУС осуществляет функции сбора информации о состоянии АСА в реальном масштабе времени, передачу сигналов с автоматизированного рабочего места на управление исполнительными механизмами.

Верхний уровень ИУС осуществляет прием данных от модулей среднего уровня и регистрацию текущих значений состояний АСА, отображение состояния АСА в виде визуальных фрагментов на АРМ операторов, передачу команд на управление исполнительными механизмами.

В качестве оборудования среднего уровня было выбрано оборудование компании ICP DAS, а именно корзины расширения ICP DAS ET-87P8-MCTP, модули ввода дискретных сигналов ICP DAS I-87053W и модули вывода дискретных сигналов ICP DAS I-87061W [3]. Модули устанавливаются в корзины расширения и настраиваются через программу Modbus Utility, посредством которой пользователь может получить доступ к настройкам и таблице Modbus регистров.

Взаимодействие АРМ операторов и оборудования среднего уровня происходит по сети Ethernet через коммутаторы Cisco, что позволяет в случае необходимости увеличивать количество корзин расширения и АРМ операторов.

В настоящее время произведен монтаж оборудования среднего уровня системы. На рисунке 3 показано смонтированное оборудование.



Рисунок 3. Шкаф САУ

Подключение к модулям и разработка экрана АРМ оператора была произведена в программном обеспечении Trace Mode 6.10 [4]. Данный программный продукт имеет все необходимые элементы для настройки взаимодействия с оборудованием среднего уровня и удобной визуализации и позволяет создать мнемосхемы с высокими эргономическими характеристиками.

Для подсистемы автоматического управления была создана мнемосхема проведения пуско-наладочных работ (рисунок 4). В верхней части отображается текущие дата и время, название мнемосхемы и информационно-управляющей системы, а также расположена кнопка для перехода главный экран. На мнемосхеме расположены графические элементы отображающие состояние агрегатов стендовой автоматики (открыт/закрыт, включен/выключен). Управление элементами АСА осуществляется посредством нажатия на соответствующий графический элемент мнемосхемы.

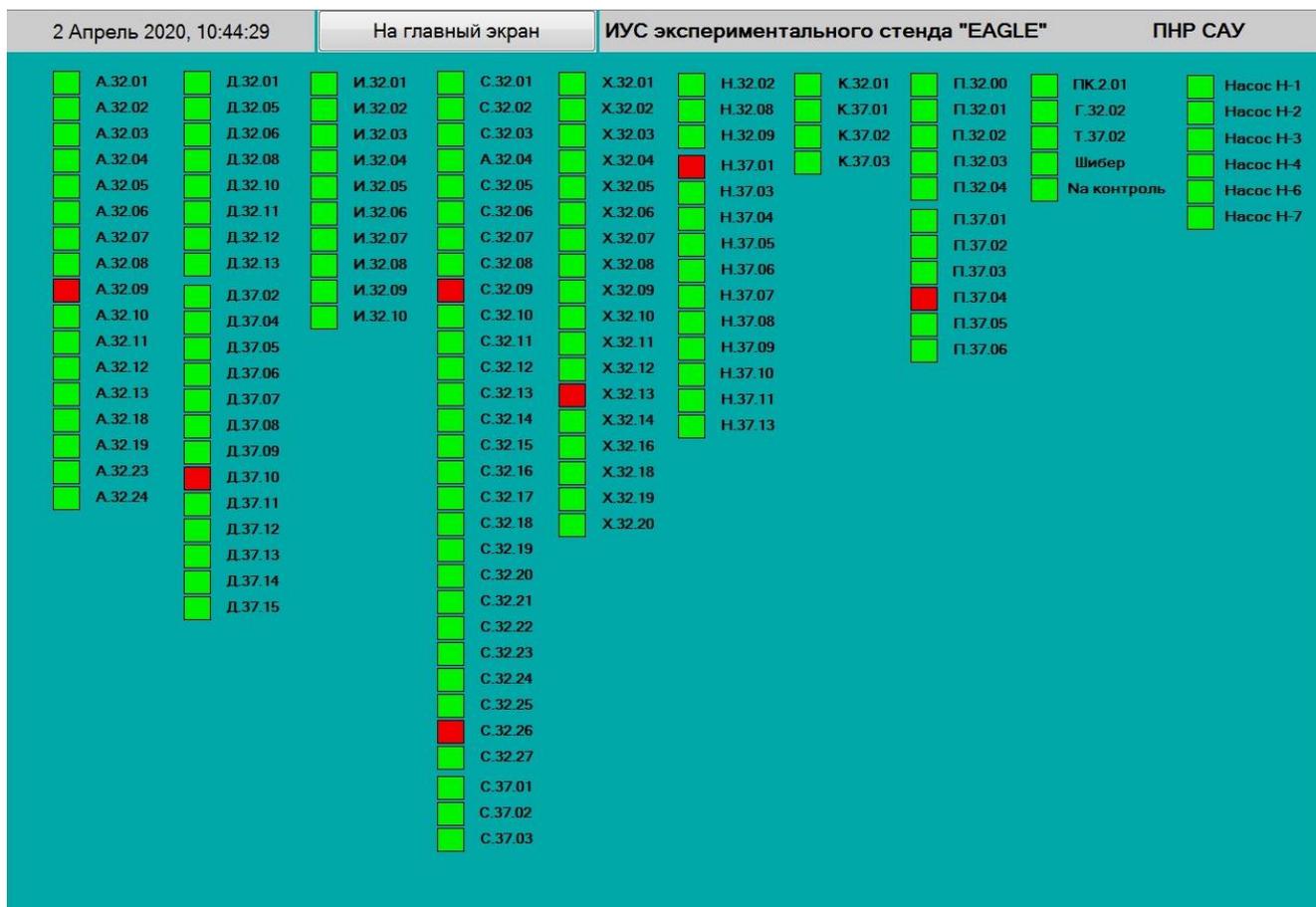


Рисунок 4. Экран ПНР ИУС САУ.

Регистрация данных осуществляется на АРМ расположенных на верхнем уровне системы (рисунок 2), частота регистрации составляет 10 Гц, в случае необходимости оператор может уменьшить частоту регистрации до 1 Гц. Все данные напрямую сохраняются в файл в виде электронных таблиц, файл EXCEL, что значительно упрощает дальнейшую работу с зарегистрированной информацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на экспериментальном стенде «EAGLE» проводится важная и нужная работа по модернизации ИУС стенда. ИУС экспериментального стенда «EAGLE» предназначена для измерения параметров проводимых экспериментов и управления нагревателями, задвижками и другой аппаратурой стенда. В связи с моральным и физическим износом существующего оборудования ИУС, производится установка новых модулей ввода вывода, корзин расширения, АРМ и систем бесперебойного питания при неизменных агрегатах стендовой автоматики.

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 проводящихся 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.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колокольцов М.В. Разработка программного обеспечения автоматизации быстродействующей системы измерений параметров жидкого натрия на платформе WINDOWS. – Вестник НЯЦ РК, 2005 год, выпуск 4, с. 102-109.
2. Ильиных С.А., Сысалетин А.В., Ермаков В.А., Кудранова А.Б., Наурызбаев Р.Ж., Модернизация информационно-управляющей системы экспериментального стенда «EAGLE» – Вестник НЯЦ РК, 2019 г., вып. 4, с. 38-44.
3. WinPAC-8000 User Manual (For Standard WP-8000) Version 2.0.9. – 2014 ICP DAS Co., Ltd.
4. Руководство пользователя SCADA Trace Mode 6. Том 1. 14 издание. – Москва 2011.