



JOINT INSTITUTE  
FOR NUCLEAR RESEARCH



# СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ NICA

Балдин Никита Антонович,  
Дубна, январь 2020

# АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА СОЗДАНИЯ АСУТП В ОИЯИ

 **более 3000\***  
УЧЕНЫХ И  
ИНЖЕНЕРОВ

 **70**  
ИНСТИТУТОВ

 **32**  
СТРАНЫ

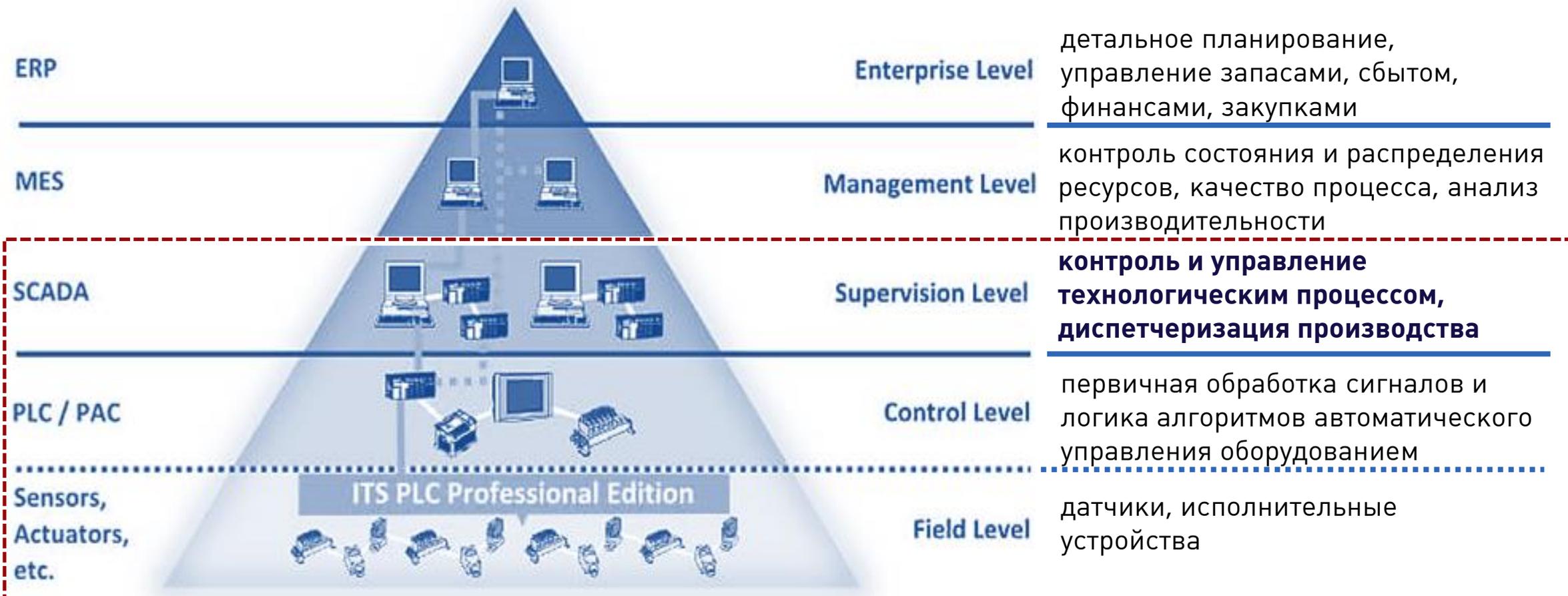
 **более 200**  
МЛН.\$  
БЮДЖЕТ

 **2011**  
**2022**  
СРОКИ ПРОЕКТА

- NICA – мегасайенс **проект мирового уровня** в области физики высоких энергий
- Для **слаженной работы** всех технически-сложных подсистем и возможности **централизованного контроля** и управления протеканием многочисленных взаимосвязанных технологических процессов **НЕОБХОДИМО ВЫСТРАИВАТЬ СЛОЖНУЮ МНОГОУРОВНЕВУЮ АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ (АСУ).**
- В результате мы должны увидеть **ЕДИНЫЙ ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ** ускорительным комплексом (control room).

ТИП СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСА		СОСТАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСА	ПРЕДВАРИТ. ОЦЕНКА ПОРЯДКА СУБСИСТЕМ	ПРЕДВАРИТ. ОЦЕНКА КОЛ-ВА КОНТРОЛИР-Х ПАРАМЕТРОВ
Ускорительный комплекс	Линейные	ЛУ-20	10	10 <sup>4</sup>
		НІLас	10	10 <sup>4</sup>
	Кольцевые	Нуклотрон	100	10 <sup>5</sup>
		Бустер	100	10 <sup>5</sup>
		Коллайдер NICA	100	10 <sup>5</sup>
Эксперименты	На встречных пучках	MPD	100	10 <sup>5</sup>
		SPD	100	10 <sup>5</sup>
	На неподвижных мишенях	BM@N	10	10 <sup>4</sup>
		Другие эксперименты на выведенных пучках	10	10 <sup>4</sup>

## МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА АСУ



## СЛОЖНЫЙ МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРОЕКТ DCS НА SCADA WINCC В CERN НА LHC

over  
**800\***  
DEVELOPERS  
WORLDWIDE

**130**  
INSTITUTES

**30**  
COUNTRIES

**5**  
CENTRAL  
CONTROL  
ROOMS

over  
**680**  
SUBSYSTEMS

over  
**45 mil.**  
CONTROL  
PARAMETERS



**\*1400** В ПИКЕ НАГРУЗКИ

# СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SCADA WINCC И TANGO



SCADA	Выбор CERN в проекте LHC  	Выбор ОИЯИ в проекте NICA 
ТИП ПО	Коммерческое ПО (гарантии, поддержка и т.п.)	OpenSource project
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В МИРЕ	Лидер рынка в мире в области АСУТП. Сотни тысяч внедрений по всему миру в различных отраслях.	<b>Узкоспециализированный продукт</b> разработанный международным объединением специалистов в области <b>ускорительной техники</b> . Применяется на 11-ти ускорителях по всему миру.
ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ	Сертифицировано на SIL3	Нет
ПОДДЕЖКА OEM	Готовые решения для OEM, не требует затрат на разработку	<b>Необходимо разрабатывать свои драйверы</b>
ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ	Обширная наработка типовых решений: тренды, архивы, типовые объекты. Атрибуция объектов. Различные доп. функции.	Каждая группа внедрения использует свои наработки интегрируя их в свои проекты АСУ ТП
РАЗРАБОТКА	Большой инструментарий, удобный интерфейс, функционал тиражирования, привязки и т.п. поддержка <a href="#">IEC 61131-3</a>	Минимальная объектная модель, основной подход - <b>разрабатывать свои компоненты на C++</b> .
САПР	Встроенный САПР, интеграция с другими САПР	Нет
Трудоемкость реализации проектов	Эффективность комплексных инженеринговых решений сокращает затраты на разработку на 70%	<b>Полный цикл самостоятельной разработки компонентов с последующими затратами на тестирование</b>
ОТЛАДКА	Встроенные многофункциональные средства. Детальное диагностирование работоспособности основных компонентов системы.	?
УДОБСТВО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ	Эргономика и простота в применении интерфейса разработчика, позволяет легко ротировать сертифицированных специалистов рабочих групп.	Т.к. основной объем ППО разрабатывается на языках типа C++, осуществлять поддержку способны только те специалисты кто непосредственно разрабатывал компоненты. В противном случае, как правило, все решается <b>полным переписыванием кода</b> компонента.

Сравнительная таблица представлена с целью показать, что выбирая OpenSource продукт экономя на бюджете – увеличивается затраты других ресурсов (время, люди). Меньше встроенного функционала (надо разрабатывать самим – больше людей); минимум функционала среды разработки (больше затраты времени); отказоустойчивость, отсутствие поддержки (выше риски).

# ОЦЕНКА ИМЕЮЩЕГОСЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА





## ФАКТЫ:

- Последние сеансы Нуклотрон прошли С БОЛЬШИМИ ТРУДНОСТЯМИ
- Некоторые сеансы были частично сорваны из-за АВАРИЙНЫХ СЛУЧАЕВ



## СЛОЖИВШАЯСЯ СИТУАЦИЯ:

- Не достаточно хорошо организованы контроль и управление ускорительным комплексом
- Нет четкой, полной и эргономичной картины протекания технологического процесса
- Большой человеческий фактор
- Нет четкой программы регламентных работ, планово-предупредительных работ
- Слабая степень автоматизации



## СЛЕДСТВИЯ:

- Терпим репутационные убытки
- Грязнем в ремонтных работах
- Несем постоянные финансовые потери (могли бы эти деньги вложить в модернизацию)





## В РАМКАХ ПРОЕКТА NICA РЕАЛИЗОВАНЫ И РЕАЛИЗУЮТСЯ ПРОЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ АСУ

Однако, зачастую сопровождаются элемн. ошибками:

- Не включена базовая функциональность (ведение архивов, технологическая сигнализация, тренды и т.п.)
- Комплектуются неправильно подобранными датчиками (не тот диапазон, не та точность, не та схема подключения, ...)
- Неправильно подобранные аппаратные составляющие (PLC, i/o modules, реле, источники питания и т.п.)
- Не полная проектная и рабочая документация, нет соответствия нормам
- Не закладываются комплекты ЗИП



## ПРОВЕДЕНИЕ И ПРИЕМКА МОНТАЖНЫХ И ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

- Не выпускается проект производства монтажных работ
- Некорректная установка датчиков (место врезки, учет направления среды, маркировка)
- Не проводятся и не оформляются регламентированные ГОСТ протоколы проверок, журналы выписок и т.п.
- Не разрабатывается программа и методика испытаний
- Не производится проверка алгоритмов автоматического управления
- Не выпускается эксплуатационная документация

Все эти и множество других вопросов в области автоматике должны решать специалисты своей профессии



ИНЖЕНЕРЫ АСУ

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА НОВЫХ СХОЖИХ ПРОЕКТОВ АСУ

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ АСУ	ЦЕХ ПРОИЗВОДСТВА МАГНИТОВ [217 КОРПУС] (ILK DRESDEN 2011-2014)	ОГ-1000 (ГЕЛИЙМАШ, YOKOGAWA 2014-2016)	КГУ-1 (ИНСАТ 2017-2019)
<b>СТОИМОСТЬ</b>	<b>КИП ~50 млн. руб. КТС ~30 млн. руб. (не включая верхний уровень)</b>	<b>КИП ~80 млн. руб. КТС ~50 млн. руб.</b>	<b>КИП ~5 млн. руб. КТС ~10 млн. руб.</b>
<b>FIELD LEVEL</b>	Датчики зарубежного производства Исполнительные механизмы зарубежного производства	Датчики российского производства Исполнительные механизмы зарубежного производства	Датчики российского производства Исполнительные механизмы российского производства
<b>PLC LEVEL</b>	<b>CJ2M-CPU31 (SIL0)</b> (OMRON Corporation, Япония)	<b>NFCP100 (SIL1)</b> (Yokogawa Electric Corporation, Япония)	<b>TREI M501E (SIL3)</b> (Россия, г. Пенза)
<b>SUPERVISION LEVEL</b>	<b>TANGO</b> (International OpenSource SCADA)	<b>STARDOM FAST/TOOLS</b> (Yokogawa Electric Corporation, Япония)	<b>MASTERSCADА</b> (Россия, г. Москва)
Предоставление оператору оперативных данных (Щит управления, АРМ)	✓ <b>Есть</b> (доработано силами ЛФВЭ)	✓	✓ <b>Есть</b>
Удаленное получение оперативной информации (Web-client by internet)	✓ <b>Есть</b>	✗	✓ <b>Есть</b>
Функция технологической сигнализации	✓ ? <b>Есть</b> (частично)	✓	✓ <b>Есть</b>
Функция оповещения об отклонениях по e-mail	✗	✗	✓ <b>Есть</b>
Оперативные расчетные параметры, оперативный анализ архивных данных (КПД и т.п.)	✗	✗	✓ <b>Есть</b>
Дистанционное управление исполнительными механизмами	✓ <b>Есть</b>	✓ ? <b>Есть</b> (схемы без обратной связи)	✓ <b>Есть</b>
Функции технологических блокировок и защит	✗ ? <b>Нет</b> (исключены на этапе наладки)	✗ ? <b>ТБ отсутствует, ТЗ есть</b> (не проведена наладка)	✓ <b>Есть</b>
Функции автоматической системы регулирования	✗ ? <b>Нет</b> (исключены на этапе наладки)	✓ ? <b>Есть</b> (не проведена наладка)	✓ <b>Есть</b>
Функции автоматического перехода между режимами	✗	✓ ? <b>Есть</b> (не проведена наладка)	✗ ? <b>Заявлены, не реализованы</b>
Протоколирование всех событий, действий, ведение архивов, разбор аварийных ситуаций	✗	✗	✓ <b>Есть</b>
Автоматическая генерация отчетов	✗	✗	✗ ? <b>Заявлены, не реализованы</b>



## ПОЛИТИКА И СТРАТЕГИЯ

Основными целями являются:

- Повышение **качества управляемости** базовых установок
- Повышение **безопасности** протекания технологических процессов
- **Сокращение** издержек

Основные задачи:

- **Анализ мировых тенденций** в сфере АСУ
- Выработка **стандартов организации (СТО)** применительно к АСУ
- **Разработка долгосрочных программ** по повышению степени автоматизации установок и **модернизации** существующих АСУ
- **Контроль исполняемости** выработанных правил и методологий
- **Повышения квалификации** инженерного состава службы



## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ

- Построение четких **концепций АСУ** установок
- Разработка **технических заданий** в соответствии с нормами
- **Сбор** исчерпывающих **исходных данных** для реализации проектов
- Проработка **типовых решений** в сфере АСУ
- **Планирование** и распределение работ
- **Комплексное сопровождение** проектов
- Профессиональная **поддержка** рабочих групп
- Ведение производственной документации
- **Контроль качества** результатов работ
- Взаимодействие с поставщиками **Hardware, Software** и инжиниринговых услуг



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- **Участие в приемке в эксплуатацию** внедряемых АСУ
- **Комплексная поддержка** эксплуатирующихся установок
- Контроль регламентированных **правил эксплуатации**
- Оперативное устранение неисправностей в процессе эксплуатации
- **Контроль наличия ЗИП** по подсистемам
- Контроль периодичности проводимых ППР эксплуатирующихся АСУ

**1.** **Выявить** специалистов различных отделов, работающих над задачами в сфере АСУ. **Зафиксировать** проведенные и проводимые ими работы в общую **диаграмму Ганта**, с оценкой затраченных ресурсов.



**2.** Вовлечь **инициативных сотрудников** в процесс организации службы АСУ. Составить **схему организационной структуры** подразделения. Оценить нехватку специалистов, начать их **поиск и привлечение**.



**3.** Добавить службу АСУ в **путь согласования ТЗ** на комплексную закупку технологического оборудования в рамках проекта NICA, **возложить** на службу АСУ **ответственность** за формулировку требований в области автоматизации.



**4.** Провести **анализ существующих subsystem** на предмет их степени автоматизации. Такой же анализ провести по вновь внедряемым subsystemам. **Создать общий реестр всех subsystem АСУ** в рамках проекта NICA, в том числе их таблиц сигналов, функций, взаимосвязей



**5.** **Разработать общую схему ПТК** и описать общую **концепцию построения АСУ** будущего ускорительного комплекса. Приступить к подробной проработке отдельных проектных решений.



**6.** Привлекать представителей службы АСУ в комиссии по приемке в эксплуатацию subsystem (в рамках проекта NICA), с целью **возложения ответственности** за будущую работоспособность данных subsystem на службу АСУ.





## ПЕРСОНАЛ

- Текущее количество вовлеченных специалистов – катастрофически мало: **10 против 1000** (в сравнении с CERN), что ниже в **100 раз**.
- Руководители подразделений сообщают, что **не могут найти узкоспециализированных специалистов в области АСУ** на дубненском рынке труда.
- В Москве также отмечается дефицит специалистов в области АСУ.

### РЕШЕНИЕ:

- Привлечение молодых кадров заканчивающих ведущие ВУЗы страны по этой специальности.
- Организация краткосрочных курсов повышения квалификации (пример CERN).



## ДЕНЬГИ

- Мировая практика внедрения АСУ говорит, что средняя стоимость составляет около **10% от стоимости технологического оборудования** (не включая КИП).

### НА ТЕКУЩИЙ МОМЕНТ:

- какое-то оборудование и ПО закуплено.
- по многим крупным завершённым и открытым договорам закупок оборудования системы АСУ включены в поставку.
- в большинстве подразделений заложена закупка АСУ.

Понять, сколько еще необходимо вложить в развитие АСУ можно только после комплексного обследования и в процессе планирования фронта работ.



## ВРЕМЯ

- Ориентировочно полный цикл внедрения современной АСУ **от 1 года до 2 лет**.
- Одновременно охватить сразу все субпроекты в рамках мегасайнз проекта NICA будет невозможно.
- Точно оценить необходимые сроки возможно по результатам обследования и планирования, учитывая другие ресурсы.

**Грубая реальная оценка: не менее 3 лет до ощутимого (в большинстве своем) работоспособного результата.**



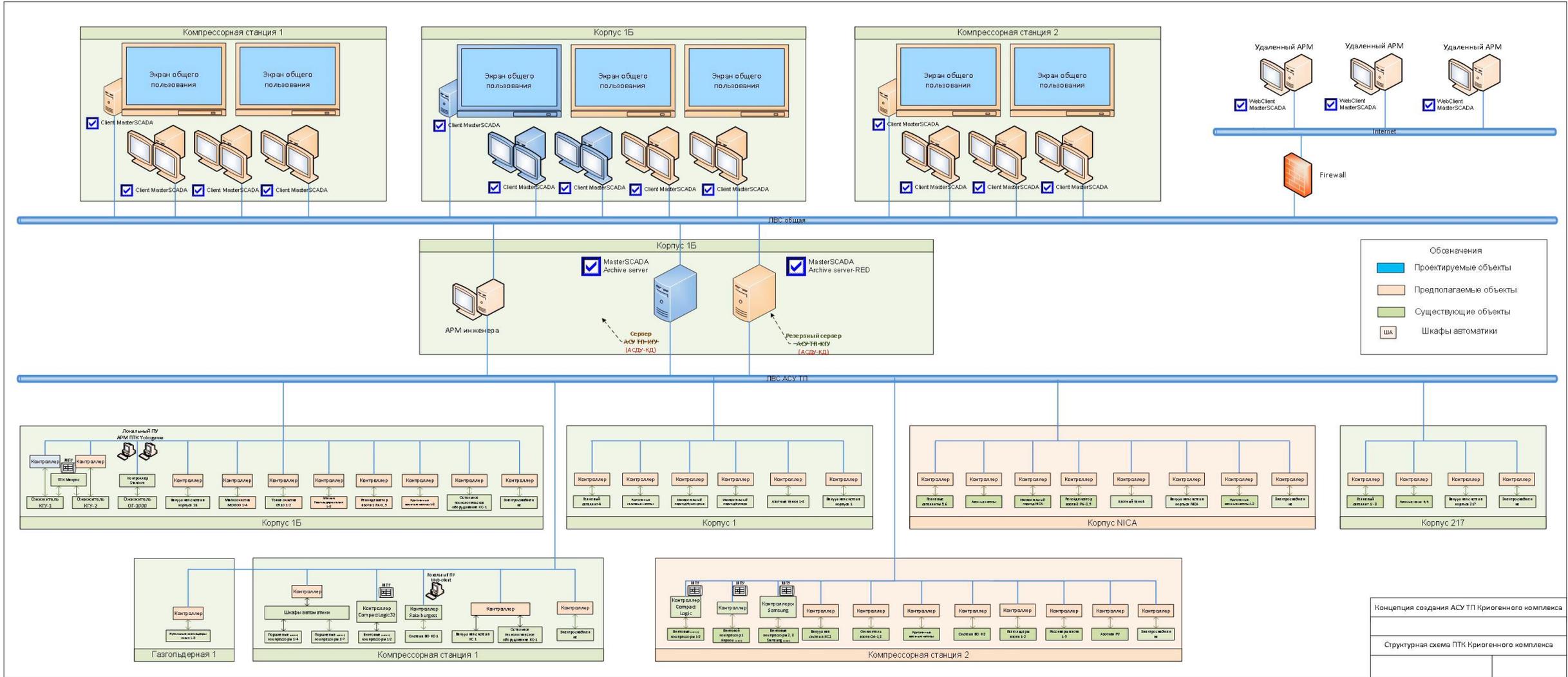
Балдин Н.А.  
Ведущий  
инженер АСУ  
nabaldin@jinr.ru  
+7(926)5630684



**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!!!**

**No DCS  
No BEAMS**

# ПРИМЕР СХЕМЫ КТС КРИОГЕННОГО ХОЗЯЙСТВА



Формат А2

# ТЕКУЩАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Персональная информация о сотрудниках ОИЯИ

Вход 🔍 Фамилия: \_\_\_\_\_

**1**

- Дирекция Института
- Руководство
- Гр. сов.и конс.
- Управление Института
- Лаборатории
  - ЛЯП
  - ЛФВЭ
    - Сектор информационно-сетевых технологий
    - Руководство
    - Группа советников и консультантов
- Отделение №1 Ускорительное**
  - Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем 10 чел.
  - Научно-технический отдел пучков 43 чел.
  - Научно-экспериментальный отдел радиоэлектронных систем 29 чел.
  - Научно-экспериментальный отдел сверхпроводящих магнитов и технологий 104 чел.
  - Диспетчерская служба Нуклотрона 6 чел.

Список публикаций Отделение №1 Ускорительное >>

- Научно-экспериментальный отдел инженерно-физических проблем ускорителей 17 чел.
- Научно-экспериментальный отдел инъекции и кольца Нуклотрона 77 чел.
- Научно-инженерный отдел систем электропитания Нуклотрона 46 чел.
- Научно-исследовательский криогенный отдел 40 чел.

Персональная информация о сотрудниках ОИЯИ

Вход 🔍 Фамилия: \_\_\_\_\_ Искать расширенный поиск >>

Персонал Вакансии

**3**

Сектор №2 автоматизации и управления 4 чел.

Список публикаций Сектор №2 автоматизации и управления >>

Группа №1 разработки программного обеспечения 1 чел.

Фамилия	Имя	Отчество	Должность ▲	Тел.(р)	
Лаборатории / ЛФВЭ / Отделение №1 Ускорительное / Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем / Сектор №2 автоматизации и управления /	Калмыков	Александр	Викторович	консультант	64447
Лаборатории / ЛФВЭ / Отделение №1 Ускорительное / Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем / Сектор №2 автоматизации и управления /	Мурavyeva	Елена	Владимировна	ведущий инженер	
Лаборатории / ЛФВЭ / Отделение №1 Ускорительное / Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем / Сектор №2 автоматизации и управления /	Минашкин	Владимир	Федорович	начальник сектора	63022

Всего: 3 записей

Персонал Вакансии

**4**

Группа №1 разработки программного обеспечения 1 чел.

Список публикаций Группа №1 разработки программного обеспечения >>

Фамилия	Имя	Отчество	Должность ▲	Тел.(р)	
Лаборатории / ЛФВЭ / Отделение №1 Ускорительное / Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем / Сектор №2 автоматизации и управления /	Шевелкин	Александр	Валерьевич	слесарь механосборочных работ	

Персональная информация о сотрудниках ОИЯИ

Вход 🔍 Фамилия: \_\_\_\_\_

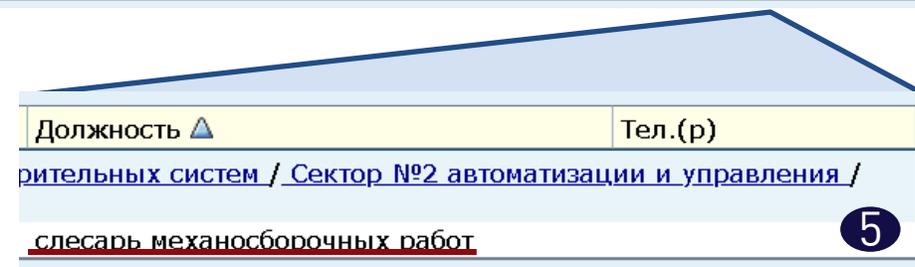
**2**

- Дирекция Института
- Руководство
- Гр. сов.и конс.
- Управление Института
- Лаборатории
  - ЛЯП
  - ЛФВЭ
    - Сектор информационно-сетевых технологий
    - Руководство
    - Группа советников и консультантов
- Отделение №1 Ускорительное
  - Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем 10 чел.
  - Сектор №1 модуляторов 5 чел.
  - Сектор №2 автоматизации и управления 4 чел.

Список публикаций Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем >>

Фамилия	Имя	Отчество	Должность ▲	Тел.(р)	
Лаборатории / ЛФВЭ / Отделение №1 Ускорительное / Научно-экспериментальный отдел ускорительных систем /	Сумбаев	Анатолий	Павлович	начальник отдела	65071

Всего: 1 записей



- **~800 active developers worldwide (1400 ever)**
  - **130 institutes in 30 countries**
- **Application sizes:**

Application	WinCC OA Systems	Parameters (Million DPEs)
ALICE	100	3
ATLAS	130	12
CMS	90	10
LHCb	160	10
Accelerator Complex	200	10

## CERN Systems

- De facto standard for SCADA systems in all domains
  - Experiments, Accelerators, Technical Infrastructure
- Very large distributed systems
  - Mainly hierarchical topology
- 20 User Interfaces per control room and up to 200 remote UI's
- Integrated with CERN services
  - Single Sign-On, Protocols (e.g. DIP, CMW), etc
- CERN standard OSES: Windows, Scientific Linux
- Connection to hardware is a mixture of OPC and many other drivers (including the customer's own developments)

Application	WinCC OA Systems	Parameters (Million dpes)
ALICE	100	3
ATLAS	130	12
CMS	90	10
LHCb	160	10
Accelerator Complex	120	10

