

Multi-D
engineering

РОССИЯ

RUSSIA
Atomic Project

АТОМНЫЙ ПРОЕКТ





- Комплексное проведение гидроизоляционных работ с использованием материалов собственного производства системы «ГИДРОПЕН».
- Работы по погружению, извлечению шпунта различных марок (ларсен, argelor, трубошпунт). Собственный парк вибропогружателей.
- Общестроительные работы.
- Комплексная поставка оборудования для энергетических предприятий.



ГидроПромСтрой

www.gps-atom.ru



ГидроПромСтрой - профессионализм на каждом этапе работы:

- соответствие знаний и опыта задачам, которые решает компания;
- способность осваивать и применять в работе новые знания;
- ответственное отношение к результатам своей работы;
- соблюдение принципов деловой этики.

119134, г. Москва, ул. Б. Якиманка, д. 24, офис 405
тел. +7 (499) 238-63-96, тел./факс +7 (499) 238-66-57
e-mail: gps-atom@mail.ru



ПЕТЕРБУРГСКАЯ
ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЯРМАРКА



12-14 марта
2014

Санкт-Петербург
ВК Ленэкспо

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

- Metallurgy. Casting
- Machine building
- Compressors. Pumps. Valves. Drives
- Metal processing
- High technologies. Innovations. Investments (Hi-Tech)
- Non-metallic materials for industry
- Services for industrial enterprises

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОНГРЕСС

БИРЖА ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ

КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

НЕ ПРОПУСТИТЕ ГЛАВНОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ МЕРОПРИЯТИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА!

www.ptfair.ru

Тел.: (812) 320-80-92
E-mail: autopr@restec.ru



**ХII МОСКОВСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ**



**XII MOSCOW
INTERNATIONAL
ENERGY
FORUM**

ТЭК РОССИИ В XXI ВЕКЕ

**21 - 23 АПРЕЛЯ 2014 г.
МОСКВА, ГОСТИНЫЙ ДВОР**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

**10 МЕЖДУНАРОДНЫХ
КОНФЕРЕНЦИЙ**

**IX МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА**

3000 УЧАСТНИКОВ

**120 УНИКАЛЬНЫХ
ДОКЛАДОВ**

**2500 МЕТРОВ
ЭКСПОЗИЦИИ**

**Институциональные условия и стратегические меры
повышения конкурентоспособности российского ТЭК**



РЕГИСТРАЦИЯ:

**119019, Москва, а/я 76
Тел./факс: +7 (495) 664-24-18
info@mief-tek.com**

www.mief-tek.com

14+

ОРГАНИЗАТОРЫ

**Комитет Совета Федерации
по экономической политике**

**Комитет Государственной Думы
по энергетике**

**Министерство энергетики
Российской Федерации**

**Министерство иностранных дел
Российской Федерации**

Атомный проект

ВЫПУСК ШЕСТНАДЦАТЫЙ

Подготовлен для участия в специализированных форумах и выставках:

- Форум поставщиков атомной отрасли «Атомекс-2013» (2-4 декабря 2013 г., Москва, Россия)
- XX Международная специализированная выставка «Энергетика» (11-14 февраля 2014 г., Самара, Россия)
- Петербургская техническая ярмарка (12-14 марта 2014 г., Санкт-Петербург, Россия)
- Международная специализированная выставка «Энергетика. Ресурсосбережение-2014» (18-20 марта 2014 г., Казань, Россия)

Atomic Project

ISSUE SIXTEENTH

АТОМНЫЙ ПРОЕКТ

Информационно-аналитический журнал для специалистов в области атомного машиностроения

№ 16, ноябрь 2013 г.

Учредитель-издатель

ООО «РИЦ «Курьер-медиа»

Генеральный директор

Г. П. Митькина

Сайт в Интернете

www.kuriermedia.ru

Журнал издается при содействии:

- ОАО «Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект» (НИАЭП).
- НП «Нижегородский деловой центр атомного машиностроения» (НДЦ «Атоммаш»).
- ООО «Центр информационных и выставочных технологий» «НДЦ-Экспо».

Журнал зарегистрирован

в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций по Нижегородской области. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ТУ 52-0093 от 25.12.2008 г.

Главный редактор

Г. П. Митькина
8-902-68-00-589

Директор рекламной службы

Л. И. Волкова
8-951-901-77-94

Трафик-менеджер

Ю. Кривошеева
8-951-902-27-31

Допечатная подготовка

ООО «РИЦ «Курьер-медиа»

Адрес издателя и редакции

603006, Нижний Новгород,
ул. Академика Блохиной, д. 4/43

Телефон

(831) 461-90-16

Факс

(831) 461-90-17

E-mail: ra@kuriermedia.ru,
ag@kuriermedia.ru

Тираж выпуска

3000 экз.
на бумажном и CD-носителях

Дата выхода в свет

27.11.2013 г.

Типография

ООО «Принт-Хаус»
Нижний Новгород,
ул. Интернациональная, 100-Б,
корпус 11

В свободной продаже отсутствует

Перепечатка, копирование материалов, опубликованных в журнале, без согласования с редакцией не допускается. Ответственность за достоверность рекламных материалов несут рекламодатели.

ПЕРСПЕКТИВЫ / PROSPECTS

Атомные компетенции – для нефтяников и теплоэнергетиков. **Г. Юрьева** **6**
Nuclear Expertise for Petro Experts and Heat Engineers. G. Yurieva **7**

ОПЫТ / EXPERIENCE

Французский атомный десант **8**
French Nuclear «Landing Party» **8**

Ядерная «кухня» Бургундии. Г. Митькина **9**
Burgundy's nuclear «cuisine». G. Mitkina **11**

Инновационные кластеры РФ: первые итоги. **Д.Ю. Файков** **12**

ЮБИЛЕЙ / JUBILEE

Талант, энтузиазм и любовь к Родине. **П. Чурухов** **14**
Talent, Enthusiasm and Love of Country. P. Churukhov **19**

КОНФЕРЕНЦИЯ / CONFERENCE

Молодежь и инновации **22**
The Youth and Innovations **22**

Прикладное программное обеспечение верхнего уровня системы контроля и управления электротехническим оборудованием общестанционных собственных нужд и оборудованием схемы выдачи мощности АЭС. **А.А. Нуждин** **23**
Upper Level Application Software of the Control System and Management of Electrical Equipment for BOP Needs and of Equipment for NPP Power Distribution Scheme. A. Nuzhdin **25**

Пользовательская графическая среда многопроцессорной вычислительной системы Cluster Desktop Environment. **А.И. Ермошкин, А.И. Чайка, А.Н. Петрик, Д.А. Новаев** **26**
Cluster Desktop Environment – a Multiprocessor Computing System User Graphical Environment. A. Yermoshkin, A. Chayka, A. Petrik, D. Novayev **28**

Исследование влияния параметров технологического процесса плазмаактивируемого осаждения на качество слоев нелегированного диоксида кремния различной толщины. **Н.С. Козлова, А.О. Шишкин** **29**
Investigation into Impact of Plasma-Activated Deposition on Quality of Plain Silicon Dioxide Layers of Various Thickness. N. Kozlova, A. Shishkin **29**

Генерация водорода при осушении бассейна выдержки в ходе развития тяжелой аварии на Балаковской АЭС. **М.А. Будаев, А.Д. Васильев, Ю.А. Звонарев, А.В. Конобеев, В.В. Меркулов** **30**
Hydrogen generation as a result of cooling pond dewatering in case of development of a severe accident at the Balakovo Nuclear Power Plant. M. Budayev, A. Vasiliyev, Y. Zvonaryov, A. Konobeyev, V. Merkulov **32**

Контроль эксплуатационных характеристик токовых ионизационных камер в составе СУЗ реакторов типа РБМК-1000. **В.В. Кузерин** **33**
Performance Control of Current Ionization Chambers within Reactor Control and Protection System of RBMK-1000. V. Kuzerin **35**

Цифровое устройство сбора данных повышенной емкости системы регистрации физических параметров. **А.Д. Русак** **36**
High Capacity Digital Data Collection Unit for a Physical Parameters Recording System. A. Rusak **36**

Фото на обложке: Олимпийский огонь «Сочи-2014» осветил Северный полюс. Атомный ледокол «50 лет Победы» доставил огонь Олимпиады-2014 на Северный полюс. Благодаря ГК «Росатом» впервые в истории человечества Олимпийский огонь побывал в месте, которое называют «Вершиной мира» (точка, где сходятся меридианы и часовые пояса), где само понятие «время» теряет смысл. Фото с сайта www.rosatom.ru

Широкодиапазонный блок детектирования мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения класса безопасности ЗН по НП-016-05, НП-001-97, ПОБ КПРУ-98. А.З. Ануфриева, М.Б. Лебедев, М.М. Солопенко, А.В. Ступацкий	37
<i>Wide range Detector of Ambient Gamma-Ray Dose Equivalent Power for ЗН Gamma Rays (according to НП-016-05, НП-001-97, ПОБ КПРУ-98 classification).</i> A. Anufrieva, M. Lebedev, M. Solopenko, A. Stupatsky	39
АСКУ рекаторных установок «Людмила» и «Руслан»: опыт внедрения и использования. А.В. Мальцев, М.Е. Кошчев	40
<i>Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support of «Lyudmila» and «Ruslan» Reactor Plants: Introduction and Application.</i> A. Maltsev, M. Koshcheev	41
Тепловые сенсоры на основе биморфных МЭМС для дистанционного контроля температурного распределения. И.А. Решетников, Д.Б. Рыгалин, Е.А. Фетисов, Р.З. Хафизов	43
<i>Thermal Sensors Based on Bimorph MEMS for Remote Control over Thermal Distribution.</i> I. Reshetnikov, D. Rygalin, E. Fetisov, R. Khafizov	45
Автоматизация процессов электронно-лучевой сварки и обработки элементов конструкций. В.А. Куликов, С.А. Собко	46
<i>Electron-Beam Welding and Construction Elements Processing Automation.</i> V. Kulikov, S. Sobko	48
Программно-аппаратная реализация информационно-логического межмодульного взаимодействия. М.В. Одинцов, Е.Е. Терентьева, А.В. Точилин	50
<i>Soft Hardware of Infological Inter-modular Interaction.</i> M. Odintsov, A. Tochilin	51
Развитие неразрушающего визуального контроля автоматизированными дистанционными способами. О.В. Уразов, Л.П. Волков	52
<i>Automation of Enhanced Remote NDT Visual Techniques.</i> O. Urazov, L. Volkov	53
Полимерные нанокпозиционные радиопоглощающие материалы для КВЧ-диапазона. Е.А. Захарычев	54
Система контроля параметров чувствительного элемента микрокселерометра емкостного типа. И.В. Иевлев, А.Н. Ухов, А.С. Ящинин	56
АРМ на основе технологий «тонкого клиента». Э.Р. Саминов	58
Планирование производства ФГУП «ВНИИА» с использованием программного модуля «Рабочая матрица». Е.А. Гуменюк	60
Совершенствование качества сварных соединений и наплавленных поверхностей оборудования АЭУ производства ОАО «Ижорские заводы». А.М. Ермолин, Г.А. Смольников	62
Исследование влияния градиентного характера энерговыделения на радиационную стойкость элементов электронных приборов. А.В. Макаренко	64
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ / PROJECT MANAGEMENT	65
ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ / EQUIPMENT. ELECTRIC EQUIPMENT	77
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ. ЗАЩИТА И ОБСЛУЖИВАНИЕ АЭС / CONTROL SYSTEMS. NPP SAFETY&SERVICE	83
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ / INDEX	89
ОТ РЕДАКЦИИ / FROM THE EDITORS	90

Редакционный совет журнала «Атомный проект»**РУКОВОДИТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА**

Лимаренко В. И. – президент ОАО «НИАЭП», управляющей организации ЗАО «АСЭ», доктор экономических наук

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

Митенков Ф. М. – советник директора ОАО «ОКБМ Африкантов» по научным вопросам, академик РАН

Зверев Д. Л. – директор-генеральный конструктор ОАО «ОКБМ Африкантов», к. т. н.

Седаков А. Ю. – директор ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова», к. т. н.

Дмитриев С. М. – ректор Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева, д. т. н.

Титов Б. М. – директор Нижегородского института экономического развития (НИЭР), к. э. н.

Дробинин В. Н. – президент НП «Нижегородский деловой центр атомного машиностроения»

Иванов Ю. А. – старший вице-президент ОАО «НИАЭП»

Борисов И. А. – вице-президент по развитию ОАО «НИАЭП»

Петрунин В. В. – первый заместитель директора, главный конструктор промышленных РУ ОАО «ОКБМ Африкантов», д. т. н.

Катин С. В. – заместитель директора ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова» по научной работе, д. т. н., профессор

Чернышев А. К. – заместитель научного руководителя РЯЦ-ВНИИЭФ, д. ф.-м. н.

Лотов В. Н. – главный конструктор по АСУ объектами АЭ и ТЭК ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова», к. т. н.

Скородумов С. Е. – главный ученый секретарь ОАО «ОКБМ Африкантов», к. т. н.

Зоря В. В. – руководитель проектного офиса по инновационным разработкам ОАО «НИАЭП», к. фил. н.

Леонтьев Н. Я. – начальник отдела стратегического развития и мониторинга рынков ОАО «НИАЭП», к. э. н.

Комаров А. В. – исполнительный директор НП «Нижегородский деловой центр атомного машиностроения»

Певницкий Б. В. – начальник научно-исследовательского отдела ИТМФ РЯЦ-ВНИИЭФ

Хвойнов В. Н. – начальник отделения маркетинга и связей с общественностью ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова»

Гирин Я. Н. – начальник рекламного-выставочного управления СДС РЯЦ-ВНИИЭФ

Атомные компетенции – для нефтяников и теплоэнергетиков

Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект» все последние годы находится на подъеме. В ее активе – десятки строящихся и проектируемых АЭС в стране и за рубежом, масштабные проекты, представляющие в 11 странах Европы и Азии, безусловный авторитет и признание. Тем не менее, одной из первоочередных задач, стоящих на повестке дня, в компании считают диверсификацию производства.

О том, что подтолкнуло руководство НИАЭП к такому решению, мы попросили рассказать С.П. Олонцева, вице-президента ОАО «НИАЭП» – главного инженера по управлению проектами.

– Любая самая сильная и мощная компания является устойчивой только в том случае, когда она имеет несколько точек опоры, когда ее бизнес диверсифицирован. В том числе это касается и предприятий атомной отрасли. Существует немало отраслей, которые мы можем считать смежными. Это относится, например, к тепловой энергетике, к нефтехимии – ведь в любой атомной станции есть и химическая составляющая, и тепловая – и было бы неразумно не пытаться использовать накопленный нами опыт проектирования таких сложных инженерных объектов, каковыми являются АЭС, в новых направлениях.

Multi-D проектирование – это инструмент, который, интегрируя в себе соответствующий



С.П. Олонцев

модуль, позволяет осуществлять строительство и управление проектом в любой отрасли. При этом важно иметь в виду следующее обстоятельство: когда мы говорим о внедрении Multi-D технологий в какие-либо проекты, это не означает, что мы кому-то передаем свои технологии. Мы будем сами работать над внедрением этих технологий на площадках своих заказчиков из других отраслей. Любую из составных частей нашей технологии можно

использовать к внедрению на любом объекте и в любое время, будь то этап проектирования, этап закупки оборудования или этап непосредственного строительства.

Сама технология Multi-D предполагает управление именно **сложными** инженерными объектами. Такие объекты есть и в гражданском строительстве: станции по очистке воды, переходы метрополитена, то есть, те, в которых объединяются сложная строительная часть и инфраструктура. Управление рисками и проектом, который возникает в таком случае, как нельзя лучше обеспечивает Multi-D технология.

Безусловно, рынки и тепловой энергетике, и нефтехимической отрасли на сегодняшний день уже сформированы, и выйти на них в качестве конкурента действующим компаниям не так-то просто. Но у нас есть несомненное преимущество: все же по-настоящему мощной ЕРС-компанией, успешно осуществляющей инжиниринг, проектирование и строительство, компании ранга НИАЭП – с такими оборотами, с таким количеством сотрудников и объемом реализованных проектов – на этих рынках в России нет. Наши презентации, рассказывающие об опыте управления строительством АЭС, неизменно вызывают большой интерес у отечественных заказчиков, представляющих названные отрасли, да и их зарубежные коллеги серьезно задумываются о том, где можно было бы применить наш опыт.

Пока на российском рынке достаточно мощно представлены зарубежные ИРС-компании, в частности, турецкие. Остаются компании, которые продолжают использовать старые технологии управления строительством: по сути дела, хозспособ. Не нужно их за это критиковать: каждый выбирает тот путь, который ему кажется оптимальным или который попросту доступней. Очевидно, что крупные российские заказчики сейчас проходят тот путь, который за рубежом проходили 20-25 лет назад. Результатом стало осознание следующей истины: чтобы в срок и с высоким качеством построить сложный инженерный объект, нужно иметь очень сильные управленческие компетенции. И если у компании немного таких объектов – один или два – то развивать собственные компетенции не имеет смысла, поскольку это и дорого, и неэффективно: куда девать высококвалифицированных и высокооплачиваемых сотрудников по окончании строительства этих объектов?

Опыт строительства химических и нефтехимических объектов, тепловых станций, который мы проанализировали, только подтверждает это. Там, где строительство ведется хозспособом, оно в 80% случаев либо не укладывается во временные рамки, либо выходит за рамки отведенного бюджета.

Большую помощь в реализации наших планов, связанных с диверсификацией,



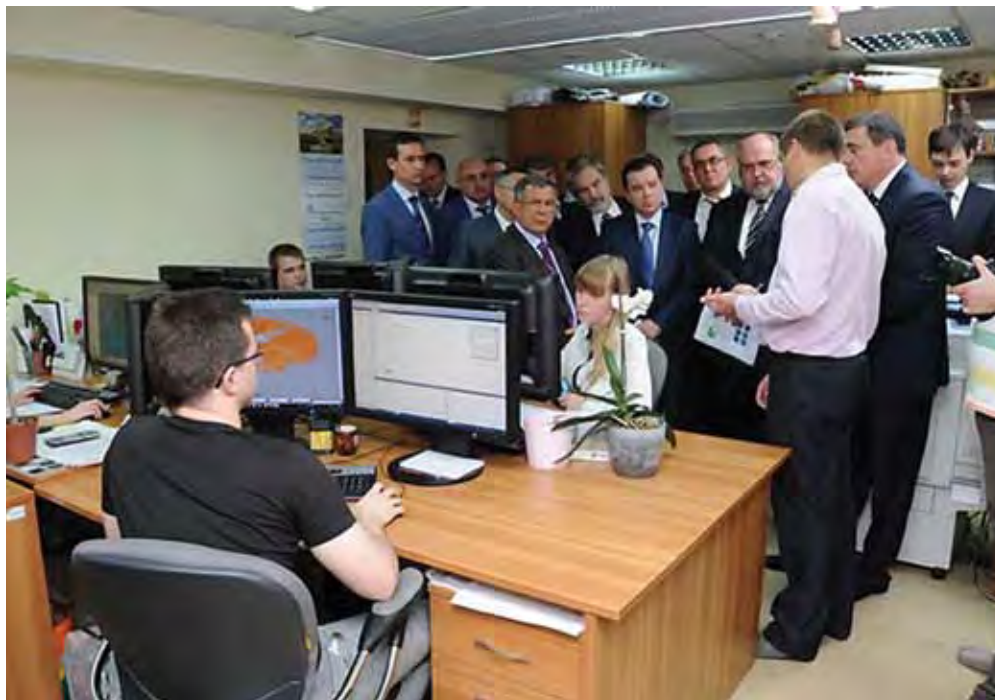
Президент Республики Татарстан Р.М. Минниханов и президент ОАО «НИАЭП» В.И. Лимаренко



Нефтехимическое производство тоже относится к сложным инженерным сооружениям

оказало сотрудничество с руководством Республики Татарстан, где, как известно, широко развита нефтехимическая промышленность. Мы принимали участие в специализированной выставке в Казани, встречались с президентом республики, работали непосредственно с компаниями, представляющими нефтегазовый комплекс. Одна из нефтехимических компаний заинтересовалась нашей работой с 3D-моделью и попросила, чтобы мы представляли ее интересы перед проектной организацией и осуществляли контроль выпуска 3D-модели. Это небольшой проект, но это шаг вперед, и мы рады, что он сделан.

Мы готовы принимать участие в тендерах, проводимых в Республике Татарстан. Но одной только этой республикой, НИАЭП, разумеется, не ограничивается и готов сотрудничать с



Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов привез в ОАО «НИАЭП» целую делегацию из руководителей крупных предприятий и проектных институтов, таких как ОАО «Татнефть», ОАО «КАМАЗ», ЗАО «Казанский Гипронефтепром»

любыми регионами – в том числе, у нас есть интерес к участию в больших государственных проектах на Дальнем Востоке, и мы уже предприняли определенные действия в этом направлении.

Записала Галина ЮРЬЕВА

«Татарстан – крупный регион, для реализации серьезных проектов в тепловой энергетике, нефтеперерабатывающей промышленности нам нужны стратегические партнеры», – сказал Рустам Минниханов, подчеркнув заинтересованность во внедрении инновационных технологий ОАО «НИАЭП» на крупных предприятиях и стройках республики.

Nuclear Expertise for Petro Experts and Heat Engineers

Atomenergoproekt Engineering Company of Nizhny Novgorod has been on the rise in the recent years. It designs and builds dozens of NPPs in Russia and abroad, implements large-scale projects, has opened representation offices in 11 countries of Europe and Asia and has earned great reputation. Yet, the company believes that operations diversification must be one of its priorities.

We asked S. Olontsev, NIAEP Vice-President – Chief Engineer for Project Management, what are the grounds for this decision.

– Any powerful company is steady only if it uses the both feet, figuratively speaking. Business must be diversified in the nuclear sector. There is a number of allied industries, for example, petrochemical industry (in any NPP there is a chemical component) and thermal power production. It would be unreasonable not to use our experience in designing such sophisticated facilities as NPP in other sectors.

Multi-D design is a tool that integrates the module of a power plant and allows to design and construct a facility in any sector. It should be taken into consideration that introduction of Multi-D design technology in various projects does not imply transfer of technologies. We are going to introduce the technologies ourselves at the sites of our customers from other branches. Any integral part of the technology can be introduced at any facility at any time: at the design

stage, equipment procurement stage or construction stage.

Multi-D technology is designed for **sophisticated** facilities. Such facilities are operated in civil engineering and include water treatment plants, underground passages, virtually all facilities that integrate sophisticated construction and infrastructure. Multi-D technology helps manage a project and risks inherent in it.

Apparently, heat power and petrochemical markets are already shaped, and it is hard to compete with the companies operating there. But we have an advantage: in these markets such powerful IPC-companies as NIAEP with its engineering, design and construction successes, with its turnover, number of employees and implemented projects are non-existent. Our presentations on NIAEP experience in NPP construction management attract attention of prospective Russian customers while foreign colleagues consider seriously in what way our experience might be used.

So far, foreign IPC-companies are mostly active in the Russian market. There are companies that still use obsolete construction management technologies. They are not to be criticized: each goes the way he thinks to be easier and available. Obviously, large Russian companies, our customers, go the way that foreign companies went 20-25 years ago. As a result, the genuine truth has been realized: highly developed managerial competences are required to build a sophisticated facility in time and with high quality.

When a company's facilities are not numerous (one or two) it is expensive and inefficient to develop such competences: what could be done with highly qualified and well-paid specialists when the construction is over?

Experience in construction of chemical and petrochemical facilities and heat power plants analyzed by us confirms the fact. If non-contracted construction method is used, in 80 percent of cases construction is not terminated in time or exceeds the budget.

Our cooperation with Republic of Tatarstan where petrochemistry is highly developed was very instrumental in the implementation of our diversification plans. We have participated in a specialized exhibition, talked to the President of the republic and got in touch with the oil and gas companies. One petrochemical company got interested in our 3D model and asked us to represent its interests in the design office to monitor 3D model development. The project is not large, but still it is a step forward and we are happy we have made it.

We are willing to take part in tenders in Republic of Tatarstan. But NIAEP will not content itself with cooperation with only one region, and is going to establish partnership relations with other regions two: for example, we are interested in large state-run projects in Far East, and have already made some actions to make it a reality.

Galina YURIEVA

Французский атомный десант

30 французских компаний, заинтересованных в поставках на предприятия российской атомной отрасли, приняли участие в семинаре, посвященном направлениям российско-французского промышленного сотрудничества в области атомной энергии.

Деловую программу семинара открыл специальный представитель Франции по связям с Россией **Жан-Пьер Шевенман**, который в рамках своего выступления отметил стратегическое значение российско-французского сотрудничества в области атомной энергии и подчеркнул необходимость дальнейшего развития совместных проектов в этой сфере.

Заместитель генерального директора Госкорпорации «Росатом» по развитию и международному бизнесу **Кирилл Комаров** подтвердил, что участие иностранных компаний в российских проектах атомной отрасли и развитие международной цепочки поставщиков относятся к приоритетным направлениям политики Росатома. «Активное участие французских компаний в проектах Росатома позволит поддерживать долгосрочную основу для стратегического партнерства двух признанных лидеров в области атомной энергетики», – отметил он. Торговый оборот товаров и услуг в ядерной сфере между Россией и Францией в 2013 году превысил миллиард долларов США.

Директор по закупкам Росатома **Роман Зимонас** рассказал о возможностях для поставщиков, которые доступны на сегодняшний день и французским компаниям. Он обратил особое внимание представителей делегации на изменение: с 2014 года Госкорпорация перейдет на превентивный контроль качества поставляемого оборудования. «Мы планируем перейти на систему контроля качества оборудования, которая как раз должна быть хорошо знакома французским поставщикам – заметил Роман Зимонас. – Предварительное исследование мощностей потенциальных поставщиков предоставит нам возможность исключить из числа участников конкурентных закупок предприятия, условия производства которых не позволяют обеспечивать изготовление оборудования необходимого нам качества».

Рабочий визит делегации французских компаний в Россию продолжился в Нижнем Новгороде,



Французская делегация в ОАО «НИАЭП»

где бизнес-миссия ознакомилась с деятельностью объединенной инжиниринговой компании НИАЭП-АСЭ. Старший вице-президент по проектированию ОАО «НИАЭП» **Юрий Иванов** рассказал об истории компании и успешном сотрудничестве НИАЭП-АСЭ с французскими компаниями Alstom и Dassault Systems. В частности, совместно с компанией Dassault Systems ОАО «НИАЭП» разработало несколько важных элементов технологии управления жизненным циклом сложных инженерных объектов. На основе платформы Dassault Systemes специалистами ОАО «НИАЭП» разработаны решения, которые впервые позволили объединить технологическую, конструкторскую и строительную части в единую информационную модель АЭС: так называемая технология Multi-D.

Особое внимание было уделено проектам по выводу из эксплуатации АЭС и обращению с объектами ядерных технологий российской атомной отрасли. В рамках рабочей встречи представители объединенной компании НИАЭП-АСЭ, которая является владельцем немецкой компании Nukem Technologies, смогли обсудить с французскими делегатами возможности сотрудничества в данном направлении.

Как отметил Жан-Пьер Шевенман, все присутствующие на встрече французские компании, представляющие различные области деятельности – строительство, производство оборудования для энергетического комплекса, ИТ-продукты, имеют большой опыт работы в атомной промышленности

и заинтересованы в сотрудничестве с одной из крупнейших российских компаний на взаимовыгодных условиях.

В связи с этим особое внимание французские гости уделяли вопросам, связанным с осуществлением закупочных процедур. Исчерпывающую информацию на этот счет они смогли получить из презентации «Организация закупочной деятельности и сотрудничество в рамках реализации международных проектов», на которой шла речь об основных условиях и параметрах проведения закупочных процедур, а также об электронном каталоге оборудования, доступном для всех потенциальных поставщиков.

В заключение непосредственно на рабочих местах представителям французских компаний были наглядно продемонстрированы проектирование технологической и строительной части и моделирование процесса сооружения АЭС, а также организация закупочной деятельности в НИАЭП-АСЭ.

Журналисты поинтересовались у руководителя делегации, каковы настроения французской общественности после аварии на АЭС «Фукусима».

«Нас не так-то просто запугать, – ответил господин Шевенман. – Во Франции работает 58 ядерных реакторов, которые обеспечивают теплом и светом практически всю французскую экономику. Франция далеко не богата полезными ископаемыми, а покупать и доставлять их очень дорого, поэтому рассчитывать на теплоэлектростанции не приходится.

Гидроэлектростанции расположены лишь на юге страны, в горных районах. Получать солнечную энергию нерентабельно ввиду того, что страна располагается в достаточно северных широтах. Ветровые станции малоэффективны даже в странах, где часто дуют сильные ветра, а наша страна к ним не относится.

Остается одно — атомные электростанции. Их преимущества очевидны: это и относительная дешевизна топлива, и простота его транспортировки, и относительная безопасность, и рентабельность.

Впрочем, – добавил господин Шевенман после некоторого раздумья, – возможно наша смелость связана с тем, что на территории Франции никогда не было серьезных аварий на АЭС».

French Nuclear «Landing Party»

Thirty French companies eager to make supplies to nuclear facilities participated in a workshop on French-Russian cooperation in the nuclear sector.

The business program of the workshop was opened by Jean-Pierre Chevenement, France's special representative on relations with Russia. He noted that French-Russian cooperation in nuclear power engineering is strategically important and stressed the need to promote joint projects in the field.

Kirill Komarov, Rosatom Deputy General Director for Development and International Business, said that participation of foreign companies in Russia's nuclear projects and extension of the line of foreign suppliers is a priority for Rosatom. «Active participation of French companies in Rosatom's projects will help sustain the strategic partnership of two recognized leaders in the nuclear sector», – he said. Turnover of the two countries in the nuclear sector exceeded one billion USD in 2013.

Roman Zimonas, Rosatom Procurement Director, dwelled on opportunities opened for suppliers including French ones. He drew the French delegation's attention to an innovation: in 2014 Rosatom State Corporation will introduce preventive quality control of equipment. «We plan to introduce the quality control system that is familiar to French suppliers», – said Mr. Zimonas. «Preliminary investigation into prospective suppliers' capacities will help us exclude those bidders in tenders that are unable to offer equipment of required quality due to their manufacturing conditions».

The working visit of the French companies' delegation continued in Nizhny Novgorod where the delegates were familiarized with NIAEP-ASE engineering company activity. Yury Ivanov, Senior Vice-President for Design NIAEP, spoke about the company's development and successful cooperation with Alstom and Dassault Systems of France. In partnership with Dassault Systems, NIAEP has developed some key elements of the product lifecycle management of sophisticated facilities. Using Dassault Systemes platform, NIAEP specialists have found decisions that allowed to unite technical, design and construction components in a single information model of NPP called Multi-D technology.

Special attention was paid to projects of NPP decommissioning and treatment of Russia's nuclear facilities. Representatives of NIAEP-ASE united company that is the owner of German Nukem Technologies discussed prospects of cooperation in these fields with their French colleagues.

Mr. Chevenement noted that all French companies that represented civil engineering, manufacture of equipment for the energy sector and IT products at the meeting have experience in the nuclear sector and are willing to get engaged in mutually beneficial cooperation with one of the largest Russian companies.

In this regard, French guests were interested in procurement procedures. Exhaustive information about the general conditions and parameters of procurement procedures, the electronic equipment catalogue

available for all prospective suppliers was offered in the presentation «Organization of Procurement and Cooperation in International Projects».

In conclusion, design of technical and construction components and NPP construction modelling as well as procurement organization in NIAEP-ASE were demonstrated to French companies representatives at site.

We asked the head of the delegation what the French public thinks after the Fukushima disaster.

«It is hard to intimidate us, – said Mr. Chevenement, – In France 58 nuclear reactors provide the economy with heat and light. France is not that rich in natural resources whereas it is very expensive to purchase and transport them, so we cannot rely on heat-power stations.

Hydroelectric plants are available only in the south of the country. And it is unprofitable to produce sun's energy because the country is in the northern latitude. Wind plants are not efficient even in the countries where winds are frequent, and in France they are not frequent at all.

Therefore, nuclear power plants are the only solution of the problem. Their obvious advantages include cheap fuel, its simple transportation, relative safety and profitability.

Though, it is possible that our decisiveness is due to the fact that there has never been a serious nuclear disaster in France», – said Mr. Chevenement with some doubt.

«Добро пожаловать в Бургундию, страну знаменитых вин: Gevrey-Chambertin, Pommard, Romanee-Conti и Montrachet... Бургундия знаменита своей кухней: эскарго (улитки) с чесночным маслом, бёф-бургиньон, кок-о-вэн – петух тушеный в вине. В сочетании со знаменитыми винами это сделает ваши кулинарные впечатления незабываемыми».

(Из путеводителя по Франции)

Ядерная «кухня» Бургундии

Кластерный подход как один из способов повышения конкурентоспособности экономического развития регионов получил за последнее десятилетие широкое развитие во всех странах мира. Практический опыт доказывает эффективность такого подхода в повышении конкурентоспособности и оптимизации управления национальной экономикой как отдельных регионов, так и стран в целом, поэтому внедрение в экономику кластерных инициатив становится базовой составляющей стратегий развития большинства стран.

Первопроходцами в применении кластерного подхода считаются создатели Кремниевой долины – крупнейшего научно-практического кластера в США, да и во всем мире.

В Европейском Союзе насчитывается уже свыше 2.000 кластеров, при этом страны, чья экономическая политика в значительной степени базируется на кластерном подходе, занимают ведущие места в мировых рейтингах конкурентоспособности.

Активно идет процесс формирования региональных кластеров в Юго-Восточной Азии и Китае.

Вступление отдельных компаний в кластер повышает их статус, привлекает к ним внимание финансовых структур, способствует росту международной репутации и популярности торговых марок. В свою очередь, наличие в регионе кластера развивает и укрепляет экономику этого региона, привлекает туда дополнительные ресурсы, стимулирует экономический рост, за счет чего создает условия для успешного развития и решения социальных проблем.

В России в 2008 г. Минэкономразвития была принята Концепция кластерной политики и даже сформирован список регионов для создания в них того или иного вида кластеров, однако, существенного продвижения в этом направлении пока не наблюдается.

Как не наблюдается его и в создании в Нижегородском регионе атомного кластера, речь о котором ведется уже не первый год и все предпосылки к созданию которого вроде бы существуют. Но: предпосылки есть, соглашения о намерениях подписаны, а кластера как не было, так и нет.

Почему? Возможно, ответить на этот вопрос станет проще после знакомства с опытом французов, создавших в 2005 году так называемый Бургундский ядерный полюс (PNB).

В конце октября заместитель директора PNB **Амадео Мантован** побывал в Нижнем Новгороде в рамках визита французской делегации в инжиниринговую компанию НИАЭП и поделился с коллегами опытом работы своего кластера. Господин Мантован три года является техническим советником Бургундского

ядерного кластера и специализируется на вопросах механообработки и металлургии.

– В июне 2005 года французское правительство приняло решение реорганизовать научно-техническую деятельность в рамках инновационных кластеров. Несмотря на то, что Франция в 30 раз меньше чем Россия, в стране был создан 71 научно-технический кластер в самых разных направлениях. Что подразумевают французы под кластером? Это: 1) конкретный район; 2) конкретное поле деятельности. Например, в Тулузе был создан аэрокосмический кластер, на востоке Франции – металлургический кластер, в Париже появились сразу несколько кластеров, а в Бургундии был создан кластер ядерной энергетики.

Мы начали с пустого листа. Учредителями и первыми участниками кластера стали всемирно известные компании Electricite de France (EDF), Areva и несколько промышленных предприятий. Кроме того, в состав кластера вошли университет Бургундии, Высшая школа инжиниринга и некоторые другие научные и

образовательные учреждения. Таким образом, кластер изначально представлял собой партнерство крупных, средних и мелких компаний и предприятий и научных учреждений, расположенных на территории региона Бургундия, объединившихся для того, чтобы выработать новые идеи и новые подходы для конкретного сектора – ядерной энергетики. Конечной же целью создания кластера является усиление Франции в определенных областях промышленности.

Для достижения этой цели предприятия-участники кластера проводят совместные исследования и разработки, а региональное и федеральное правительства софинансируют их проведение. Для того, чтобы состоялось государственное софинансирование, необходимо участие в разработке не менее пяти участников, в том числе обязательно наличие как крупных, так и мелких компаний (крупной в Европе считается компания с числом сотрудников более 250 человек и годовым оборотом более 38 млн евро).



АЭС на карте Франции

Во Франции довольно много инновационных мелких и средних предприятий, и одной из задач кластера является подталкивать их к сотрудничеству друг с другом и с крупными компаниями для решения серьезных задач. Дополнительным стимулом для этого является участие такого партнера как государство, которое финансирует разработки.

Государственное финансирование кластера составляет 55 процентов общего объема затрат. Это не грантовые программы и не субсидирование конкретных направлений, а ежегодное участие государства в работе кластера. При этом административные затраты кластера установлены в объеме 800.000 евро в год. Оставшиеся 45 процентов средств кластер получает в виде членских взносов.

Исследовательский бюджет формируется в зависимости от стоимости конкретных научных разработок, которые осуществляются в текущем году.

К настоящему времени во Франции образовалось еще несколько ассоциаций, объединяющих предприятия атомной отрасли: только вокруг Парижа их восемь, есть в Лионе, в Кане, но ядерный кластер как официальное образование по-прежнему остается единственным, и в него сейчас входят 163 участника: ассоциированные члены, крупные предприятия, средние и мелкие предприятия, научно-образовательные учреждения, инвестиционные компании – общей численностью 10.000 человек.

Разумеется, членство в кластере накладывает на компанию определенные финансовые обязательства. Мелкие и средние предприятия должны внести за год 1.200 евро; крупные – 3.000 евро. Конечно, есть очень крупные компании, которые хотели бы более активно проводить свою политику внутри кластера – они могут вносить и до 10.000 евро в год. Но все это должно быть очень прозрачным и обоснованным.

Со временем кластер перестал формироваться исключительно по территориальному признаку; сейчас в него принимают компании из других регионов Франции. Разрешается также вхождение иностранных членов, но при обязательном условии, что их предприятие расположено на территории Франции. Таким образом, PNB стал уже общенациональным атомным кластером.

Администрация кластера состоит из шести человек, но эта маленькая команда привлекает к сотрудничеству большое число экспертов, составляющих несколько комитетов и постоянно действующих рабочих групп. В том числе главный из них – научно-технический. Именно этот комитет проводит экспертизу предлагаемых проектов и принимает решение об их перспективности. Решение, принятое комитетом, служит основанием для выделения государством средств на проведение тех или иных разработок. Также участие в финансировании принимают предприятия-члены кластера, заинтересованные в результатах этих разработок.

Не всегда предприятие, разработавшее какое-либо инновационное изделие или технологию, способно успешно их коммерциализовать, запустить на рынок. Кластер в таком случае оказывает всевозможную помощь.

Ядерный кластер не покрывает всех областей атомной промышленности, специализируясь на нескольких конкретных вопросах. Так, большое внимание мы уделяем вопросам металлообработки, созданию новых антикоррозионных покрытий, но вот электричество, например, уже не входит в зону наших основных интересов.



АЭС Пенле, Франция

Большое внимание в деятельности кластера уделяется общестроительным работам – например, разработке новых бетонов для атомной промышленности; пожарозащищенности объектов атомной отрасли и т. д.

Основным же направлением деятельности атомного кластера является производство тяжелых компонентов. Исторически так сложилось, что именно в Бургундии успешно развивалось производство очень крупных заготовок. Здесь издавна занимались всеми вопросами, связанными с металлообработкой, и сегодня одним из наиболее успешных направлений деятельности кластера является разработка методов неразрушающего контроля.

Наконец, в свете событий, произошедших на атомной станции «Фукусима», кластер намерен более плотно заняться вопросами, связанными с надежностью строительства и безопасностью функционирования объектов атомной отрасли.

Начинается все с тех задач, которые ставят перед нами будущие пользователи разработок. Например, они говорят, что им нужно сократить стоимость тех или иных тяжелых компонентов или повысить их качество или безопасность. Это означает, что мы должны разработать новый материал или новые приборы для неразрушающего контроля и т. д. Кластер устанавливает партнерские отношения как с государственными, так и с частными компаниями и исследовательскими центрами – крупными, мелкими и средними. Выполняя поставленную прикладную задачу, мы концентрируем усилия многих компаний, которые, возможно, занимались этими вопросами применительно для общегражданского строительства, и общими силами, как правило, достигаем очень хороших результатов.

Кроме этого, кластер активно занимается образовательными программами и международным сотрудничеством. Одной из задач кластера является улучшение цепочки поставщиков для атомной отрасли. Это влечет за собой, в том числе, выход французских компаний на внешний рынок. Они открыты для такого сотрудничества и очень заинтересованы в нем.

Правительство Франции высоко оценивает участие нашего кластера в национальных

образовательных программах. Проблема в том, что в современной Франции формируется большой дефицит технических кадров: молодые люди все чаще предпочитают идти работать не на производство, а в банки, коммуникационные компании, в сферу услуг и т. д. Уже сейчас найти во Франции высококвалифицированного сварщика – большая проблема. Поэтому правительство прилагает немало усилий к тому, чтобы переориентировать молодежь, и кластер также способствует этому. Ежегодно мы проводим большое количество промоакций в школах и университетах, где рассказываем молодым людям об инновационной составляющей атомной энергетики, об ее значении для развития страны.

Кроме того, большое внимание уделяется собственно образовательным программам. Усилиями атомного кластера во Франции была создана Международная ядерная академия, которая производит непрерывное обучение и переобучение по конкретным отраслям атомной промышленности: проектированию, созданию атомных реакторов, кодификации процессов и т. д. В штате академии всего три человека, но они приглашают для чтения лекций крупнейших международных экспертов, что сделало академию очень популярной. На образовательные лекции приезжают специалисты из разных стран – от Бахрейна до Англии, и на данный момент обучение в академии прошли уже более тысячи человек.

Обучение специалистов происходит, конечно, и в научных университетах, входящих в состав кластера.

Таким образом, Бургундский ядерный кластер – это образование, которое объединяет всех своих членов, координирует их работу и организует совместную деятельность. И практика показывает, что это дает хорошие результаты.

Записала Галина МИТЬКИНА

P.S. Формирование и развитие региональных кластеров можно свести к формуле «бизнес-государство-наука», где каждая из сторон вносит свой весомый вклад в решение общей задачи. В России, похоже, «слабым звеном» этой цепочки пока является именно государство, привыкшее принимать решения по созданию тех или иных новообразований, не сообразуясь с реальной действительностью и не допуская своей ответственности за их реализацию. Может быть, именно поэтому созданные в стране «сверху» искусственным путем кластеры, не обладающие внутренним движущим механизмом развития, чаще всего оказываются нежизнеспособными.



Франция, провинция Бургундия

«Welcome to Burgundy, the land of outstanding wines: Gevrey-Chambertin, Pommard, Romanee-Conti и Montrachet... Burgundy is famous for its cuisine: escargots de Bourgogne with garlic butter, beuf bourguignon, coq au vin – chicken stewed in wine. When combined with exquisite wine, the dishes produce unforgettable impression.»

(From a travel guide)

Burgundy's Nuclear «Cuisine»

Clusters as a means of boosting competitiveness of regions' economies were developed in all countries in the recent decade. Experience in clusters proves such approach is beneficial for boosting competitiveness and enhancing management of regional and national economies. That is why cluster initiatives serve the basis of development strategies of many countries.

Organizers of Silicon Valley, the largest research and production cluster in the USA and the world, are believed to be pioneers in the application of the cluster approach.

There are over 2,000 clusters in the European Union; countries that stick to the cluster approach in their economic policy rank as the most competitive in the world.

Regional clusters are rapidly formed in South-East Asia and China.

Membership in a cluster results in a higher status of a company, better attitude of financial structures towards it, its better reputation among foreign partners and enhanced popularity of its trademark. On the other hand, a cluster contributes to the development of the region's economy, attracts additional resources, boosts economic growth and ultimately provides for development in the social sector and solution of its problems.

In Russia the Concept of Cluster Policy was adopted by the Ministry of Economic Development in 2008. A list of regions where various clusters must be organized was compiled, but still there is no progress.

There is no progress in the nuclear cluster project implementation either. The idea has been discussed for some years, preconditions of organizing a nuclear cluster in the Nizhny Novgorod region do exist. Yet, despite these preconditions as well as signed protocols of understanding, the cluster is still non-existent.

What's the reason? Probably, it will be easier to answer the question if we familiarize ourselves with the experience of the French who created the so called Burgundy Nuclear Pole (PNB) in 2005.

At the end of October Andrei Mantovan, PNB Deputy Director, visited NIAEP, Nizhny Novgorod, with a French delegation of specialists, and shared the cluster's experience with colleagues. Mr. Mantovan is PNB Technical Councilor and specializes in mechanical engineering and metallurgy.

– In June 2005 the French government decided to reorganize research and technical activities in the innovation clusters. Though France is 30 times smaller than Russia, 71 clusters were created in various fields. What does the word «cluster» imply for the French? It implies: 1) a specific region; 2) a specific field of activity. For example, an aerospace cluster was created in Toulouse, a metallurgy cluster – in the east of France, several clusters function in Paris, a nuclear cluster was set up in Burgundy.

We started from scratch. World-famous companies Electricite de France (EDF), Areva and some industrial enterprises acted as the founders and first members of the cluster. The University of Burgundy, Higher School of Engineering, some other research and academic institutions joined it too. Thus, from the very beginning the cluster was a partnership of large, medium-sized and small companies and research institutions of Burgundy united for the purpose of working out new ideas and approaches for a specific sector, i.e. nuclear power engineering. The final goal of the cluster is to enhance France's industrial development.

To achieve the goal, the cluster members conduct joint research while the regional and federal governments co-finance it. To receive state budgeting, a research project must unite not less than five partners, both large and small companies (in Europe a large company is an entity with over 250 employees and annual turnover of 38 million euros and over).

There is a lot of innovation small and medium-sized businesses in France. One of the cluster's objectives is to prompt them to cooperate with each other and with large companies in order to solve important tasks. Participation of the state as a donor is an additional stimulus to get engaged in a project.

The state covers 55% of the cluster's total expenditure. It does not imply any grants or subsidies of specific fields of research. It implies annual participation of the government in the cluster's performance. The cluster's annual administration cost amounts to 800,000 euros. The research budget is set with account for the cost of specific research projects implemented in the given year.

The cluster generates the rest 45% of its funds through membership fees.

Some other associations of the nuclear sector enterprises have appeared in France; there are eight of them around Paris, there are associations in Lyons and Caen, but, officially, there is only one nuclear cluster. It comprises 163 members: associate members, large companies, medium-sized and small business, research and academic institutions, innovation companies, with total number of employees amounting to 10,000.

Certainly, membership in the cluster entails some financial obligations. Small and medium-sized companies contribute 1,200 euros annually while large companies pay 3,000 euros. There are very big companies that would like to pursue a more active policy in the cluster; their annual contribution can be up to 10,000 euros. But the payments must be transparent and substantiated.

With the course of time the territorial principle of the cluster formation was abandoned. Now it has members from other regions of the country. A foreign partner can also join provided the company is located on the territory of France. Thus, PNB is a national cluster now.

The cluster's administration comprises six officials working in cooperation with a large number of experts who form several committees and permanent work forces. The Research and Technical Committee, which is the principal body in the cluster, examines the draft projects and decides whether they are promising. On the basis of the Committee's decision the government allocates funds to specific projects. The cluster member companies interested in the project results co-finance the projects.

Sometimes a company that has developed an innovation product or technology faces difficulties in its commercialization and introduction in the market. The cluster renders its assistance.

The cluster activity does not cover all fields of nuclear power engineering. It specializes in specific issues. Great attention is paid to mechanical engineering and development of corrosion-resistant coatings, but electrical engineering is of no interest to the cluster members.

Great attention is also paid to civil engineering issues, such as development of new concrete grades for the nuclear sector, fire protection of nuclear facilities, etc.

The main activity of the cluster is production of heavy components. Historically, it was Burgundy where

production of very heavy components was most developed. Mechanical engineering was always the core of activities, that is why development of NDT methods is now most effective in the cluster operation.

Besides, in light of Fukushima disaster, the cluster plans to take an active part in solution of construction reliability and nuclear facilities safety problems.

Any project development starts with setting tasks by end users of a product. For example, they state that it is desirable to cut the cost of some heavy components or to enhance their quality or safety. It implies that the cluster members are supposed to develop a new material or new NDT instruments. The cluster then establishes partnership relations with both state and private large, medium-sized and small companies and research institutions. The efforts of many companies that might have been engaged in solution of similar problems in civil engineering are focused on the problem and usually bring good results.

Moreover, the cluster is active in implementation of educational programs and international cooperation. One of its objectives is to improve the line of suppliers in the nuclear sector. It helps French companies to enter the global market. The companies are willing and ready to be in the global market.

The French government highly appreciates the cluster's participation in national educational programs. The country faces the lack of technical specialists: young people prefer to work in banks, IT companies, services, etc. It is a big problem to find an experienced welder in France. Enormous efforts are made by the government to reorient the youth, and the cluster is instrumental in it. Annually the cluster specialists organize promotion actions in schools and universities and tell students about innovations in the nuclear sector and its significance for the country's development.

Great attention is paid to educational programs proper. At the initiative of the nuclear cluster International Nuclear Academy has been founded in France. It offers training and retraining courses for specific fields of the nuclear sector: design, production of nuclear reactors, process codification, etc. Only three specialists are in the Academy's staff, but they invite the most prominent experts of the world to read lectures, and due to it, the Academy has become very popular. Specialists from various countries – from Bahrain to Great Britain – come to the lectures. So far, over 1,000 specialists have been trained.

Specialists are also trained in the cluster member universities.

Thus, the Burgundy Nuclear Pole is an entity that unites all its members, coordinates their activities and organizes their joint operation with good results.

Galina MITKINA

P.S. Formation and development of regional clusters are effected in accordance with the formula: «business – state – science». Each party should contribute to a common goal. In Russia, the «weak link» in the chain is the state that makes decisions on innovations contradicting the reality and refuses to bear responsibility for their implementation. Probably, this is the reason why clusters created artificially by the administrative instruction and devoid of the internal drive are mostly unviable.

Инновационные кластеры РФ: первые итоги

Д.Ю. Файков, д. э. н., советник главы города Сарова

В списке территорий, которые претендуют на государственную поддержку программ развития инновационных кластеров, почти половина связана с атомной промышленностью. Это обуславливает важную роль отрасли в процессе формирования инновационных кластеров.

За последние 2-3 года такое направление территориального развития, как формирование кластеров, получило в России большую популярность. Это не случайное явление, по пути кластеризации экономики сегодня идут многие развитые и развивающиеся государства¹.

В нашей стране формирование кластерной политики активно началось с 2011 года, когда президентом были определены необходимость и основные направления такого пути развития. Особое внимание было изначально уделено формированию инновационных кластеров как возможных «драйверов» развития инновационной экономики в целом.

В 2012 году в рамках деятельности Рабочей группы по развитию частно-государственного партнерства в инновационной сфере при Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям, в соответствии с поручением Президента Российской Федерации по итогам заседания президиума Государственного совета Российской Федерации от 11 ноября 2011 г., а также решения Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 30 января 2012 г., министерством экономического развития РФ среди регионов был проведен



конкурсный отбор программ развития инновационных территориальных кластеров.

По сути, это был не конкурс на создание кластеров – создать инновационный кластер «с нуля» в российских условиях

более чем сложно – а некая «инвентаризация ресурсов», поиск территорий с существующей концентрацией инновационных предприятий. На конкурс было подано 92 заявки практически от всех регионов страны. По результатам конкурса 28 августа 2012 года поручением Председателя правительства Российской Федерации № ДМ-П8-5060 утвержден перечень пилотных инновационных территориальных кластеров. В перечень включены программы 25 территориальных кластеров. По сути, данный перечень включал территории, уже имеющие производственный и научный потенциал и потенциально претендующие на роль точек инновационного развития. С институциональной точки зрения эти территории не только имеют необходимый потенциал, но и готовы самоорганизовываться, о чем свидетельствовали подготовленные программы, прошедшие не только профессиональную проверку, но и общественную, то есть, согласование всеми участниками кластера.

От Нижегородской области в перечень попали два кластера: Саровский инновационный кластер и Нижегородский индустриальный инновационный кластер в области автомобилестроения и нефтехимии.

Следующим шагом в реализации государственной кластерной политики стал выход постановления правительства Российской Федерации от 06 марта 2013 года № 188 «Об утверждении правил распределения и предоставления субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию мероприятий, предусмотренных программами развития пилотных инновационных территориальных кластеров». В данном постановлении правительства не только были определены меры государственной поддержки развития кластеров, но и скорректирован список субъектов Российской Федерации, бюджетам которых могут быть предоставлены субсидии из федерального бюджета на реализацию мероприятий, предусмотренных программами развития пилотных инновационных территориальных кластеров. Здесь же приведен перечень 14 кластеров, которые могут претендовать на эту поддержку. Нижегородская область в данном перечне представлена Саровским инновационным кластером.

Помимо Сарова в итоговый перечень вошли еще территории, на которых предприятия Государственной корпорации «Росатом» являются градообразующими – города Железногорск (Красноярский край) и Димитровград (Ульяновская область), а также кластер медицинской, фармацевтической промышленности и радиационных технологий г. Санкт-Петербурга. Помимо этого, еще несколько кластеров, вошедших в перечень, располагаются на территориях, где заметно влияние организаций атомной науки и промышленности: кластеры в Пушкино, Обнинске, Дубне, Томске. Таким образом, можно сделать

Перечень субъектов Российской Федерации, бюджетам которых предоставляются субсидии из федерального бюджета на реализацию мероприятий, предусмотренных программами развития пилотных инновационных территориальных кластеров

Субъект Федерации	Наименование инновационного территориального кластера
Калужская область	Кластер фармацевтики, биотехнологий и биомедицины (г. Обнинск)
Московская область	Кластер ядерно-физических и нанотехнологий (г. Дубна)
	Биотехнологический инновационный территориальный кластер (г. Пушкино)
	Кластер «Физтех XXI» (г. Долгопрудный, г. Химки)
Город Москва	Кластер «Зеленоград»
Город Санкт-Петербург и Ленинградская область	Кластер медицинской, фармацевтической промышленности, радиационных технологий (г. Санкт-Петербург)
Республика Мордовия	Кластер «Энергоэффективная светотехника и интеллектуальные системы управления освещением»
Республика Татарстан	Камский инновационный территориально-производственный кластер Республики Татарстан
Нижегородская область	Саровский инновационный кластер
Самарская область	Инновационный территориальный аэрокосмический кластер Самарской области
Ульяновская область	Ядерно-инновационный кластер г. Димитровграда Ульяновской области
Красноярский край	Кластер инновационных технологий ЗАТО (г. Железногорск)
Новосибирская область	Инновационный кластер информационных и биофармацевтических технологий Новосибирской области
Томская область	Фармацевтика, медицинская техника и информационные технологии Томской области

Саровский инновационный кластер	Кластер инновационных технологий ЗАТО г. Железнодорожск	Ядерно-инновационный кластер г. Дмитровграда Ульяновской области
30 участников	7 участников	16 участников
Организация-координатор-ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	Организация-координатор-Администрация ЗАТО г. Железнодорожск	Организация-координатор-Администрация города Дмитровграда
Специализация: *новая энергетика; *ИТ-технологии; *суперкомпьютинг и моделирование; *новые материалы; *научное и промышленное приборостроение.	Специализация: *ядерный сектор; *космический сектор; *кремниевый сектор	Специализация: *ядерная наука и технологии; *инновационная медицина; *энергетика; *инновационное производство и внедрение разработок, городская среда
Запрашиваемая субсидия в 2013 году – 60 млн. руб.	Запрашиваемая субсидия в 2013 году – 88 млн. руб.	Запрашиваемая субсидия в 2013 году – 67 млн. руб.

Рис. 1. Инновационные кластеры на территориях нахождения предприятий Государственной корпорации «Росатом»

вывод, что атомная отрасль не только сама развивается, но и является катализатором развития инновационных процессов, инновационного бизнеса на территориях расположения основных предприятий.

В сентябре 2013 года министерство экономического развития Российской Федерации, реализуя указанное постановление правительства, провело среди вошедших в перечень субъектов федерации конкурсный отбор по распределению средств федеральной субсидии. Целевое предназначение субсидии – поддержка инновационной инфраструктуры кластеров. Таким образом, была продолжена линия на организационное и институциональное формирование кластеров.

Судя по заявкам, которые регионы подали на этот конкурсный отбор, такая мера действительно была необходима. Практически все заявки содержали запрос на поддержку деятельности координирующих (в терминах постановления правительства от 6 марта 2013 года №188 – специализированных) организаций кластеров и инжиниринговых центров.

Анализируя ситуацию с процессами формирования кластеров на территориях нахождения предприятий Государственной корпорации «Росатом» (рис. 1), можно сделать некоторые выводы.

1. Процессы формирования кластерных инициатив во многом реализуются благодаря усилиям градообразующих предприятий, которые взяли на себя функцию организаций-координаторов кластеров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в Сарове, ФГУП «ГХК» и ОАО «ИСС им. М.Ф. Решетнёва» – в Железнодорожске, ОАО ГНЦ НИИАР – в Дмитровграде. Эти организации создали условия для формирования переговорных площадок на соответствующих территориях, привлекли профессиональных консультантов и экспертов, вместе с органами

местного самоуправления активно участвовали в переговорах с региональными властями.

2. Инновационный бизнес, органы местного самоуправления, учебные заведения на данных территориях готовы к сотрудничеству в рамках соответствующих кластеров, но для организации реального взаимодействия необходимы постоянно действующие информационные и переговорные площадки (в виде тематических мероприятий, сессий планирования, специализированных рабочих групп и т. д.), на которых представители участников кластера могли бы вместе формировать стратегию развития, находить сферы и способы совместной работы.

3. Есть необходимость формализовать кластерную инициативу: создать структуру (скорее всего, отдельную организацию), которая возьмет на себя функции постоянно действующего координатора; формализовать условия участия в кластере и условия участия в программах поддержки кластера; проработать вопросы доступа малого и среднего бизнеса к контрактам и закупкам крупных организаций-участников и т. д.

Как пример последнего можно привести результаты семинара, проведенного в Сарове, по вопросу расширения доступа субъектов среднего и малого предпринимательства к закупкам Государственной корпорации «Росатом».

В соответствии с распоряжением правительства РФ от 29.05.2013 N 867-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Расширение доступа субъектов малого и среднего предпринимательства к закупкам инфраструктурных монополий и компаний с государственным участием» в ГК «Росатом» началось формирование новых требований к отраслевой системе закупок. Для получения объективной информации непосредственно

от субъектов малого и среднего предпринимательства представители корпорации провели встречу с участниками Саровского инновационного кластера. Речь шла как о доступе к закупкам Госкорпорации в целом, так и о закупках ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». В семинаре приняли участие представители инновационного бизнеса, предлагающие выполнение исследовательских, конструкторских работ, представители строительных и иных организаций.

Для развития инновационных кластеров, конечно же, большее значение имеет привлечение к работам крупных компаний малого инновационного бизнеса. Этот процесс может принести важные социальные и экономические результаты на территории: снизить издержки градообразующих предприятий на выполнение отдельных видов работ; дать возможность развития компаниям малого и среднего бизнеса; создать на территории новые высокооплачиваемые рабочие места; усилить позиции малого и среднего инновационного бизнеса на российском рынке; позволить этим предприятиям выйти на мировой рынок под брендами крупных российских компаний (ГК «Росатом» и пр.), сформировать рынок интеллектуального труда и т. д.²

По итогам семинара выделено следующее:

- необходимо расширять постоянное информационное взаимодействие между предприятиями малого и среднего бизнеса и крупными организациями, особенно это касается научно-исследовательской и проектной деятельности;

- малому и среднему бизнесу сложно участвовать в одиночку в крупных комплексных поставках, обычно эти предприятия специализируются в достаточно узком диапазоне товаров и работ; для того, чтобы на равных участвовать в закупках, необходимо или делать пул участников, или разбивать закупки на более мелкие лоты. Конкретные механизмы участия могут варьироваться, но современная практика показывает, что если не пойти по этому пути, многие малые инновационные компании не смогут участвовать в поставках, и их место чаще всего занимают иностранные поставщики;

- развитие инновационного бизнеса на территории расположения крупных организаций атомной промышленности может быть использовано для производства товаров и услуг, обеспечивающих национальную безопасность;

- финансовые и документарные барьеры для малого и среднего предпринимательства существуют, но они менее опасны, чем указанные выше.

Таким образом, и на основе анализа общих тенденций, и на конкретном примере Саровского инновационного кластера можно отметить, что последовательная реализация кластерной политики в стране уже приводит к тому, что улучшается взаимодействие между компаниями, в том числе, между крупными компаниями и малым и средним бизнесом. Дальнейшее воплощение в жизнь этой политики, включая и финансовую помощь, видится важным катализатором инновационного развития.

¹ Например, можно посмотреть обзоры зарубежных кластеров на сайте Министерства экономического развития Российской Федерации (<http://www.economy.gov.ru/>), список публикаций на сайте Российской кластерной обсерватории НИУ ВШЭ (<http://cluster.hse.ru/about/library.php>) и др.

² Такие же мнения высказывались участниками экспертной сессии инновационных территориальных кластеров, проходившей 2 октября 2013 года в особой экономической зоне «Дубна» в рамках IV Всероссийской научно-практической конференции «Принципы и механизмы формирования национальной инновационной системы в Российской Федерации».

Талант, энтузиазм и любовь к Родине

Направляясь в начале 60-х годов по распределению в КБ-11 (ныне – РФЯЦ-ВНИИЭФ), выпускники советских физтехов ничего не знали ни про закрытый город Саров, ни про условия жизни в нем. Не знали даже, где точно это КБ-11 находится: условия секретности тогда соблюдались строго. Но совершенно определенно знали, что направляются заниматься серьезнейшим делом государственной важности.

В 1961 году, когда полным ходом шла подготовка к испытанию первой и самой мощной в мире водородной бомбы, в Арзамас-16 приехал выпускник физфака ЛГУ Радий Илькаев. И вот уже более полувека это дело государственной важности является смыслом его жизни.

9 октября 2013 г. Радий Иванович Илькаев отметил свое 75-летие. В канун этой даты наш корреспондент встретился с бывшим директором (1996-2007 гг.), а ныне научным руководителем РФЯЦ-ВНИИЭФ, академиком РАН и РАН, Заслуженным деятелем науки Российской Федерации, лауреатом многочисленных государственных и неправительственных наград, основателем нескольких научных школ Р.И. Илькаевым.

Метафизика атомного проекта

– Радий Иванович, я готовился к нашей беседе, но все мои заготовки о ядерном оружии и технопарках ушли на второй план. И вот почему. По дороге к Вам я заехал в Серафимо-Дивеевский монастырь, что в пятнадцать километрах от Сарова. Монастырь этот, как Вы знаете лучше меня, – одна из святынь православия. Здесь у вас в ядерном центре – тоже монастырская земля и намоленное место, связанное с Серафимом Саровским. И я подумал, что не случайно именно здесь, на этих землях, появился ваш ВНИИЭФ: возможно, высшие силы руководили этим выбором и решением Берии. Вы не думали о таких совпадениях?

– Понимаете, есть объективные причины, способствующие тому, что здесь мог образоваться столь мощный научный центр. Во-первых, близость к Москве как центру управления, науки и так далее. То есть, сюда всегда без особого труда можно было пригласить крупных и выдающихся ученых, что давало определенный выигрыш: можно было оперативно пообщаться с учеными, побеседовать, получить необходимые консультации. Отцы-основатели прекрасно это знали и понимали важность близости к столице.

Во-вторых, это очень уединенное место: и до Нижнего, и до Саранска почти по 180 километров. То есть, это фактически глухое место, где можно вести очень сложные, в том числе и взрывные работы, не принося никому никакого вреда и не вызывая лишних вопросов у населения. Это место выбирали исходя из конкретных требований к ядерному объекту; при этом очевидно и сегодня, что ни один другой закрытый ядерный город так удачно не расположен, все они находятся гораздо ближе к крупным городам, чем Саров. Так что отцы-основатели знали, что делали.



Но и Вы правы, потому что без благословения свыше это вряд ли можно было сделать. Потому что место это действительно интересное, намоленное, является крупным историческим центром православной России. И сейчас, когда мы говорим о Ядерном центре как об одной из самых крупных научных организаций мира и о Сарове как о крупнейшем православном центре, надо учитывать еще и то, что отсюда до Болдина – важнейшего культурного центра нашей страны – по прямой всего сто километров. То есть, надо признать, что Саров – действительно очень значимое, знаковое и интересное место России. И я помню, что, когда мы стали достаточно плотно взаимодействовать с Православной церковью, один из священников сказал: «Неужели вы думаете, что так успешно работаете, что все у вас получается без благословения? Так не бывает! Вы должны это знать, помнить и ценить».

Поэтому, отвечая на Ваш вопрос, я бы сказал, что атомный проект получил поддержку всех добрых сил, которые есть в нашей России. И именно это, на мой взгляд, дало прекрасные результаты и принесло огромные достижения и великую пользу нашему народу и нашей стране.

– В Серафимо-Дивеевском монастыре есть знаменитая Канавка, создавать которую, как гласит предание, начал еще Серафим Саровский. За столетия миллионы верующих побывали на той дорожке со своими мольбами к Богородице, покровительнице монастыря. И ведь никто не проходит этот путь со злом, а только с пожеланиями добра и здоровья себе, близким, стране. Это же такая мощная энергетика, много-

миллионная вселенская мольба о благе и мире!

Но ведь и детище Ядерного центра, наша атомная бомба, которую мы не применяли и не собирались применять, называя оружием сдерживания, она сегодня тоже – призыв к миру...

– Конечно! И мы гордимся тем, что ядерное оружие России никогда не применялось и, дай Бог, не будет применяться. Но оно обеспечило всем нам огромный промежуток мирного времени, и мы считаем, что колоссальная заслуга ученых России и в первую очередь нашего Ядерного центра, в том, что крупнейших военных конфликтов не было. Поэтому цель наша, несмотря на то, что мы занимаемся такими грозными делами, чрезвычайно благородная, чрезвычайно нужная – уберечь наш народ от крупного насилия в мировом масштабе. И это удалось сделать. Я считаю, что это – огромное достижение.

Но именно поэтому здесь, где люди занимаются такими грозными делами, моральная планка должна быть очень высокой. И в этом смысле присутствие Русской православной церкви в таком хорошем объеме, – это огромное достоинство нашего города.

– Может быть, отцы-основатели в таком ключе об этом и не думали?..

– Думаю, что Вы правы. Но мы с Вами знаем, кто ведет по жизни даже атеистов...

– Вы так оцениваете наше ядерное оружие, что, я думаю, лучше Вас никто и не ответит на вопрос, а каково же оно у нас сегодня? Не с точки зрения военных, то есть возможности средств доставки, преодоления ПРО и так далее, а с точки зрения науки, с позиции физика-разработчика ядерных вооружений.

– Знаете, мы всегда стремились к тому, чтобы Советский Союз и нынешняя Россия, то есть наша Родина, была в ядерном отношении очень продвинутой и современной державой. И можно совершенно определенно сказать, что мы создали такие технологии и такие устройства, которые позволяют полностью обезопасить нашу страну от какого-либо серьезного крупного нападения. Это все знают.

– И особенно агрессоры.

– Да, но надо уточнить: знают потенциальные агрессоры. Я думаю, что никто всерьез не думает о том, чтобы напасть на Россию, потому что он получит такой сокрушительный силы удар, от которого не оправится никогда. В этой части и раньше наши ученые обеспечивали очень высокий уровень, и сейчас обеспечивают. Да, были трудности, конечно, особенно в начале и в середине 90-х годов, но мы эти трудности преодолели, все нужные нам технологии сохранили, а некоторые даже и очень серьезно развили. Так что в этом плане есть полная уверенность в надежности, эффективности и абсолютной безопасности нашего арсенала, достаточного для решения всех без исключения военных задач Российской Федерации.

– Я-то имел в виду более приземленную оценку. Вот, к примеру, на днях Дмитрий Rogozin сказал, что мы нисколько не отстаем от американцев в разработке гиперзвуковых боевых систем. Или другой пример: мы продаем американцам для тяжелых систем ракетные двигатели РД-180, и в этой части обогнали американцев, по их собственному признанию, лет на двадцать. Я понимаю, что их атомные бомбы и наши атомные бомбы, и масса всего, что с ними связано, отличаются друг от друга. Они разные, тем не менее, хочется сравнить и оценить наше положение.

– И атомное, и водородное оружие у нас разное, абсолютно. Каждая ядерная страна имеет свои отечественные технологии и свои технологии только и развивает, потому что чужие никто не передает и никогда не передаст. Только по первому устройству, которое, как известно, было «заимствовано» от первой американской бомбы, точнее, физическая схема была заимствована, у нас были какие-то пересечения, при том что изготовление и вся конструкция были наши. Но далее все развивалось абсолютно на отечественных изобретениях и отечественных технологиях. И сейчас именно так все и продолжается. Поэтому мы совершенно объективно можем сравнивать, что есть у них, с тем, что у нас.

– По каким же критериям, если все разное?

– Да по каким критериям? Какой мегатоннаж, к примеру, вы можете доставить потенциальному противнику на его территорию.

– А доставка разве в вашей компетенции?

– Она не наша, но мы же не для какого-то непонятого исполнителя делаем свои разработки: и ракеты, и системы управления, и наше боевое оснащение делается вместе, в едином комплексе, мы очень плотно работаем со всеми. А как же иначе? Например, вчера у нас целый день в гостях был генеральный конструктор Московского института теплотехники, который в свое время разработал «Тополь», сейчас «Булаву» разработал, и с которым у нас много десятилетий плодотворного сотрудничества. Мы непрерывно работаем вместе со всеми видами и родами войск. Очень хорошие отношения с министерством обороны, и новый министр у нас уже побывал в гостях,

мы обсудили все те вопросы, которые требуют решения и более тесного взаимодействия. Так что можете считать, что у нас – единая команда, которая работает над самыми важными вопросами обороны страны.

Ядерный щит русского мира

– Вы говорили о тяжелом периоде, о девяностых годах, когда Вы, собственно, и возглавили Ядерный центр. Но тогда, как мне кажется, никакие центры, никакие все-союзные институты никому были не нужны. И просто сказать «тяжелые времена» в Вашем случае – явно недостаточно.

– Давайте скажем так: мало того, что зарплату нам задерживали на 3-4 месяца, так только ленивый в печати не ругал оборонщиков, особенно ядерщиков, которые-де заняты бесполезным делом, потому как врагов у нас нет. Тогда нам на встречах с руководством разного ранга приходилось доказывать и убеждать, что для нашей страны ядерный щит крайне необходим. Потому что при таких размерах страны с населением всего лишь в 140 миллионов человек никакими силами общего реагирования обеспечить защиту территории невозможно. Только оружие сдерживания, основанное на самой передовой технологии и самой передовой науке, может обеспечить выполнение этой задачи. И мы убедили в этом руководство страны.

– Вот Вы сказали: «убедили руководство страны». Руководство страны в девяностых годах как раз и объявило нам о том, что у нас нет врагов. Я прекрасно помню то время, когда в стране на стратегических оборонных заводах создавались совместные с американцами предприятия, когда губернатор Немцов презентовал миру только что открывшийся город и его оборонный потенциал, привозя сюда всех и вся. И вас, наверно, та волна коснулась?

– Нет. Немцов у нас был, но всех остальных ФСБ не пускало: все было, как положено, и меры безопасности обеспечивались точно такие же, как во времена Берии.

Но я хочу рассказать о том, что не многие знают: в это тяжелейшее время, в 1996 году, мы провели заседание Всемирного Русского Собора, которым руководил патриарх

Алексий II, а организовывал мероприятие нынешний патриарх Кирилл. И в Свято-Даниловом монастыре мы провели слушания по теме: «Ядерные вооружения и национальная безопасность России».

Церковь категорически нас поддержала, заявив, что наш труд нужен России, что ученые, конструкторы и все наши специалисты заняты чрезвычайно важным для всего русского мира делом. И это было прописано в решении Собора. После этого потихоньку-полегоньку дело сдвинулось, а теперь вся страна так считает.

– То есть, опять вмешались высшие силы? Но Вы говорили, что удалось убедить и руководство страны. Каким образом?

– Знаете, как только Ельцина избрали президентом в 1991 году, он уже в феврале следующего года был у нас, и мы делали здесь ему доклады. Говорили о том, чего достигли во времена Советского Союза, какие были результаты на тот момент. И он также поддержал нас, так что в этом плане проблем не было. Но дело в том, что уже к середине девяностых ситуация в экономике была ужасающая, просто тяжелейшая. И в этих условиях мы показывали и доказывали, что мы можем работать, что мы сохранились. Тогда, несмотря на все трудности, специалисты не покинули Ядерный центр, поэтому я в первую очередь благодарен коллективу ВНИИЭФ: в тяжелейших условиях не один значимый специалист не покинул институт. Правда, тогда мы все возможные способы поддержки специалистов использовали, все новые законы России задействовали.

– Чем же помогут законы, если четыре месяца нет зарплаты на государственном предприятии?

– К примеру, мы задействовали появившиеся возможности международного сотрудничества: выигрывали гранты и стали точно поддерживать специалистов. Коллектив понял, что через некоторое время сможем поддержать всех. Так вскоре и случилось.

– А что это было за международное сотрудничество? Адронный коллайдер ведь появился позже.

– Коллайдер в данной ситуации – мелочь. Возможности начать научное сотрудничество появились после решения двух президентов, России и Америки. Американцы выделяли гран-



Главный корпус РФЯЦ-ВНИИЭФ

ты по темам, полезным для всех, и Международный научно-технический центр заработал. Общие темы, это, к примеру, такая абсолютно секретная вещь как контейнеры. Всем надо перевозить ядерные составляющие боеприпасов, для чего необходимы контейнеры, которые в любой аварии должны защищать от распыления и так далее. То же самое касается контейнеров для перевозки непосредственно боеприпасов. Или создания хранилищ, чтобы, к примеру, ядерные составляющие, образующиеся после демонтажа, были защищены и любую бомбардировку могли выдержать. Таких задач было очень много, включая чисто фундаментальные исследования. И сотрудничество началось, и было интересным и плодотворным.

То есть, мы включили все эти механизмы, и специалисты поняли, что здесь можно и дальше эффективно работать. И также крепло осознание того, что ядерное оружие – это щит, который обезопасит Россию, причем, щит могучий. Поэтому все технологии, связанные непосредственно с разработкой, проверкой прочности, стойкости и живучести всего нужного ВНИИЭФ для дела, несмотря на то, что испытания ядерного оружия были запрещены, сохранились. То есть, отрасль сохранилась. Первым министром Российской Федерации по атомной энергетике стал Виктор Никитович Михайлов – воспитанник ВНИИЭФ, человек, который боролся за отрасль, один из тех, кому она обязана своим спасением в тяжелые годы. И мы гордимся, что произошло это и с нашей помощью. В этом плане нам пришлось работать абсолютно во всех направлениях, чтобы донести эту философию до всех руководителей. И мы ее донесли.

Жить своим умом

– Но разве сегодня не наступил такой период, когда вам, ядерщикам, не надо доказывать свою необходимость? Вот у вас в музее хранится автограф Владимира Путина, который еще в 2003 году написал: «ВНИИЭФ – достояние и гордость России».

– Должен сказать, что такого, чтобы нам не нужно было доказывать свою необходимость, никогда не было и не будет, тем более сейчас, когда идет абсолютно ужасающее засилье чиновников, и с ними приходится непрерывно бороться, снова и снова их убеждать. Иначе мы придем к деградации, потому что современная жизнь такова, что ученых, к сожалению, слушают гораздо меньше, чем раньше. Так что не думайте, что все идет само собой, никогда этого не будет! Непрерывно придется бороться, убеждать или уговаривать чиновников, даже жаловаться на них.

– Самое время спросить Вас о запущенной чиновниками реформе Российской Академии наук. Как Вы ее оцениваете?

– Да плохо я её оцениваю, это жуткий удар по науке России, который будет иметь отрицательное воздействие очень много десятилетий. Мы же знаем из истории: в конце 40-х годов в СССР ударили по кибернетике и биологии, и это до сих пор в России чувствуется. Петр Первый создавал Академию наук, но русской академией она стала только через много десятилетий. Существующие научные школы надо пестовать, помогать им и развивать всемерно, а не отдавать под управление чиновникам, которые ничего не понимают в этом.

Знаете, когда мы оцениваем те или иные решения, анализируем, надо обращаться к истории и уметь извлекать из прошлого опыт. В связи с реформой академии мне вспоминается такой любопытный факт. Когда американцы создавали свой атомный проект – а они



Модель корпуса реактора БН-800 после взрыва

привлекли к этому практически всю европейскую элиту, всех крупных ученых – им надо было построить и управленческую структуру. И они поняли, что для толкового управления проектом следует привлечь частный сектор. Знаете, почему? По одной простой причине: у правительства Соединенных Штатов не было никакого опыта руководства крупными научно-техническими проблемами. Но в Советском Союзе и в России всегда только так и делалось: государство управляло через Академию наук всеми серьезными научными проектами! Так зачем же крупные управленческие недостатки Соединенных Штатов переносить на российскую землю? А сейчас идет поголовный перенос отсюда всего – со всеми вытекающими последствиями. То есть, чиновники не ценят колоссальный положительный опыт, при этом я сейчас не говорю о структуре власти, обо всех других делах, связанных с управлением страной. У нас очень много полезного в истории России, и надо этот положительный опыт использовать и жить в первую очередь своим умом. Так, как мы жили и работали все время, как живем и сейчас, в частности, в ядерно-оружейной отрасли, в ракетной технике. То есть, надо ценить талант, энтузиазм и любовь к Родине своих собственных сынов, и тогда будет все в порядке.

– Возразить нечего. Но у меня, когда умные люди говорят такие простые и безусловно понятные вещи, всегда возникает один вопрос: почему не слышат? Не только Вы – а Вы, я полагаю, не только мне говорите это – и Фортов, наверное, когда сидел у Путина, говорил ему нечто подобное. Но Путин подписал указ и дал старт реформе.

– Уже более ста тысяч, если я правильно понял, научных сотрудников прислали свои протесты, сотни институтов прислали коллективные протесты. Понимаете?

– Но мне кажется, они никакого действия не возымели.

– А я боюсь, что их просто никто не читает. Своеобразие текущего момента в том, что иную точку зрения не слышат и не хотят слышать.

– В этой глухоте власти, как мне кажется, огромный вред обществу. Но это же не толпа с Болотной площади, это же умнейшие люди России, многие годы работающие на интересы страны, это люди, которые могут и способны просчитать последствия даже не на три шага вперед. И их не слушать?..

– У меня сложилось впечатление, что нынешние чиновники разговаривают только с собой, друг с другом. А все остальные информационные потоки к ним не проходят: у них либо фильтры стоят, либо заглушки.

Конечно, здесь я должен сказать, что Росатом не входит в структуру Академии наук. И надо честно признать, что отношение к нам со стороны руководителей страны очень хорошее. И финансирование нормальное, и все идет неплохо, хотя, как всегда, хотелось бы лучше. Но почему мы тоже говорим о реформе Академии наук? Потому что через какое-то время нас спросят: а вы почему молчали? К тому же, мы знаем, что атомный-то проект начинался как раз в недрах Академии наук. И мы помним, что все ключевые люди, начинавшие этот проект, вышли из Академии наук. Первая лаборатория, которая потом стала Курчатовским институтом, это же лаборатория № 2 Академии наук. Созданное в 1946 году КБ-11, как раньше назывался наш институт, значилось как «КБ-11 при лаборатории № 2 РАН». То есть, первые испытания ядерной бомбы в 1949 году проходили, когда мы были в составе Академии наук. Это первое.

Кроме того, мы понимаем, что для того, чтобы заниматься квалифицированно термоядерным оружием, в стране должен быть очень высокий уровень научных исследований, потому что здесь должны и могут быть только национальные технологии, национальные достижения. Конечно, я не говорю, что международного сотрудничества не должно быть, оно необходимо в высшей степени. Но для того, чтобы было все в порядке и на уровне, вот этот, так сказать, научный «бульон» страны должен быть наваристым. Потому мы и заинтересованы в том, чтобы наша российская наука была передовой, чтобы больше было ученых, которые видят дальше, зорче перспективы и страны, и всего остального. Поэтому мы и высказываем свою точку зрения, хотя нынешнему руководству страны должны, конечно, большое спасибо сказать за внимание к ядерному оружию и к ядерно-оружейным технологиям.

Компьютер вместо взрыва

– А за внимание к суперкомпьютерной тематике, которая, надо понимать, в период запрета на испытания ядерного оружия приобретает для вас особое значение, кому выражать благодарность? Или это другая тема?

– Совсем не другая. Дело в том, что, когда создавалась первая атомная бомба и первое водородное устройство, и затем всякий раз, прежде, чем выйти на испытания, надо было проводить тысячи расчетов. Затем часть этих расчетов, которые можно проверить, проверялась здесь, у нас в лаборатории, на взрывных площадках, и только потом, после всего этого – на ядерном полигоне. Это технология создания сложных технических систем, когда все берется и выверяется сначала расчетом, а потом проводятся эксперименты. Потому что невозможно представить, сколько надо проводить экспериментов, если идти эмпирическим методом, это неприемлемо и неэффективно.

То есть, у нас была создана новая технология разработки сложных систем, но без математического моделирования сложных физических явлений, без создания мощных вычислительных машин это сделать было бы невозможно. Поэтому при создании ядерного и термоядерного оружия компьютерное моделирование, особенно сейчас, когда нет ядерных испытаний, является основой. И ко-

нечно, эта основа должна быть поддержана созданием хороших измерительных устройств. Часть позиций, газодинамику, полет оболочек, разрушения там всякие, мы здесь изучаем, на наших внутренних полигонах. Но для того, чтобы окончательно сказать, сохраняется надежность термоядерного узла или нет, мы должны все свои знания заложить в физические модели, затем по этим физическим моделям создать математические программы и на самых крупных компьютерах просчитать, как ведет себя конкретное изделие. И показать всем, включая руководство страны, военных и экспертов: смотрите, вот в каком состоянии наше ядерное оружие сегодня, оно надежно, эффективно и безопасно.

– Повлияло на ход ваших работ по суперкомпьютерам внесение американцами ВНИИЭФ в черные списки, о чем широко говорилось несколько лет назад?

– А они всегда это делали: с момента возникновения самого первого списка ВНИИЭФ в числе тех институтов, которым запрещена передача каких бы то ни было военных технологий.

– И как вы решаете проблемы, в частности, по элементной базе, которая и есть наиболее уязвимая часть этого дела?

– Ситуация такова: мы находим решения, потому что есть и свободный рынок, есть и головы – отличные конструкторы, которые позволяют найти необходимые решения. Мы, конечно, не можем, к примеру, решить задачу по созданию компьютеров лоб в лоб по мощности их машин, но дело в том, что нам это и не надо. Мы всегда считали, что если в данный момент производительность наших машин будет в десять раз ниже, чем у их машин, то здесь нет ничего страшного, потому что, как правило, через два-три года мы их догоняем. Представьте себе, в семидесятом году, когда был пик создания ядерного и термоядерного оружия, мы считали на БЭСМ-6 производительностью миллион операций в секунду, то есть, 10^6 . Сейчас 10^{15} , рост на девять порядков, в миллиард раз мощнее, в миллиард раз быстрее считают наши современные машины.

– То есть, Вы говорите, что гнаться за американцами нет нужды?

– Нет, нет, гнаться надо! Но вот это отставание на два-три года не критично, его можно совершенно четко преодолеть более полным физическим рассмотрением или лучшей конфигурацией математической программы.

– Есть такой известный постулат, что теория без практики мертва. Так все-таки,

запрет на испытания подхлестнул разработки суперкомпьютеров? Позволяют ли суперкомпьютеры моделировать и определять все те процессы, которые могли выявлять непосредственно полигонные испытания во время взрывов?

– Это, конечно, вызов, когда вам говорят: сделайте сложное устройство, но проверять его вы не можете. Такого эксперимента в науке никогда ни с кем не проводили. Но поскольку это устройство, которое шло из фундаментальной физики, из фундаментальных законов теоретической и экспериментальной физики, такое стало возможным. И конечно, как только реализовался запрет на испытания, были приняты все меры, чтобы мощность компьютерной техники наращивалась очень быстро, это во-первых. Во-вторых, стали строить физические установки для того, чтобы физические явления, которые, скажем, происходят в горячей и плотной плазме, можно было более точно измерить, чтобы физика этих тонких процессов была лучше понята. Далее, всякое испытательное оборудование для проведения физических опытов, газодинамических и всех прочих, стало развиваться. То есть, не только компьютерное моделирование, но и весь этот процесс стал развиваться очень серьезно именно в сторону более глубокого понимания того, что происходит в ядерных и термоядерных зарядах. И хотя, скажу еще раз, никто таких экспериментов над учеными ранее не проводил, у нас есть надежда, что мы с этой задачей справимся.

– А вам теперь все известно про физику ядерного взрыва, или там еще рыть и рыть следующим поколениям?

– В целом, если крупными мазками, мы знаем все. Но этого нам мало, понимаете, нам нужны детали, тонкие детали. К примеру, при лазерном термоядерном синтезе летит оболочка, сжимает термоядерную смесь. И там неточность в несколько процентов в давлении приводит к полной деградации сжатия. Поэтому: да, в целом мы представляем, как все происходит, и понимаем, но нам нужно измерить детали с очень высокой точностью для того, чтобы эти детали воспроизводились в нашем компьютере. Иначе невозможно понять, какова надежность устройства. Или, например, есть определенный материал, который невозможно сохранять вечно, он же стареет. И какие-то небольшие изменения происходят, но это очень тонкие изменения, обычный человек их даже и не заметит. А изделие может почувствовать. Так вот, мало того, что мы должны знать и видеть эти изменения, мы должны доказать заказчику, что природу этих изменений мы понимаем, что наши расчеты доказывают, что эти изменения не влияют на качество и свойство изделия.

– Вы говорите сейчас о том, что в последнее время стали называть жизненным циклом сложных инженерно-технических объектов?

– Ну конечно! А если учесть, что ядерное и термоядерное оружие, я думаю, в ближайшие сто лет сохранится, потому что не видно никаких причин, чтобы от него отказались, ибо силовые методы в политике сохраняются и, к сожалению, приобретают все больший размах, то актуальность этих задач становится все более очевидной. А значит, мы должны углубленно понимать не только качественно, но и количественно каждое малейшее изменение, для чего и необходимо создавать суперточные физические модели, суперточные модели поведения веществ. В термоядерном оружии мы должны знать поведение веществ от обычных условий, к примеру, температуры, до сотен



Лазерная установка «Луч»



Установка получения наноструктурированных взрывчатых веществ

миллионов градусов, вот такой диапазон. И плотность вещества от обычного состояния газа до тысячи граммов в кубическом сантиметре: килограмм вместо одного грамма, вот какие происходят там явления! И естественно, что это чрезвычайно интересная, но очень сложная задача.

Идущим следом

– Не только для ученых, а просто для пытливого ума любопытно узнать, что происходит с веществом, когда оно уплотняется в тысячу раз, и какова сила, способная так его спрессовать. Но ведь на все это требуются огромные средства, а на выходе – бомба, которая, дай Бог, нам никогда не понадобится. Вы, безусловно, знаете, что в вину Советской власти ставят как раз то, что огромные деньги шли на военный бюджет, а не работали на реальную жизнь обычных граждан. При Горбачеве появилось словечко «конверсия», когда вместо самолетов авиазаводы начали делать кастрюли. Создание в Сарове технопарка – это стремление решить проблему перелива потенциала от оборонки в гражданку, грамотный вариант конверсии технологий или что-то иное?

– Здесь ситуация такая. Конечно, в советское время много было сделано и полезного, этого не надо отрицать. Но я могу сказать совершенно определенно, что противостояние Советского Союза и Соединенных Штатов было излишним. Например: они развернули свою систему вооружений, а нам в ответ можно было не развертывать свою так, чтобы уничтожить их 30 раз, достаточно было трех. То есть, в этом плане надо было делать все с умом, и можно было сократить объем вооружений до достаточного уровня и часть ресурсов направить на модернизацию промышленности и сельского хозяйства.

Теперь что касается технопарков. Есть несколько причин, почему нам нужны такие технопарки. Во-первых, не так уж много у нас в России успешных научных центров, которые могут внести вклад в народное хозяйство; наш Ядерный центр – один из таких. Конечно, в

научной, технологической, конструкторской деятельности всегда найдутся идеи, которые можно переместить из области создания оружия в гражданский сектор. А в компьютерных технологиях, которые мы сейчас обсуждали, это напрямую происходит – мы просто сейчас делаем программные продукты по теплу, по массе теплопередачи, по всяким другим делам, которые можно использовать в промышленности. И их уже начали использовать, мы открыты в этом плане.

И второй момент, тоже очень серьезный, заключается в следующем. Саров – уже большой город, 93 тысячи населения, одного института с 18 тысячами рабочих мест для него уже недостаточно. Нам нужно думать о том, чтобы создать еще с десяток тысяч высокооплачиваемых хороших рабочих мест, чтобы инфраструктура города развивалась, чтобы жители чувствовали себя не обиженными по сравнению с вниэфовцами, а получали примерно такой же доход и так же успешно работали и счастливо здесь жили. И вниэфовцы хотели бы жить в благополучном городе.

То есть, создание заметного количества рабочих мест для города крайне необходимо, в этом мы видим очень серьезную социальную задачу. Правда, в России никто этого пока делать не умеет, но мы надеемся, что у нас кое-что получится.

– А сложность основная в чем, почему никто в стране не делает этого?

– А потому что наши рынки забиты товаром, мы же отдали все свои рынки иностранцам. Сейчас нельзя сделать того, что можно было в конце восьмидесятых, когда рынок был свободен – сейчас рынки заняты мощными интернациональными фирмами. И для того, чтобы пробиться, надо делать продукцию мирового уровня, но дешевле. Вот почему.

– Надо понимать, что технопарк – удел преимущественно молодежи?

– Конечно, технопарк для молодежи. Там должны быть и опытные люди, но их должно быть немного, а в основном мы должны брать туда тех, кто, скажем, получает образование в СарФТИ, чтобы они тут трудились и создавали нужную всем нам продукцию.

– Ваш коллега и сверстник, Борис Николаевич Краснов (главный научный сотрудник ИТМФ – Ред.) рассказал мне, что, когда он в молодости возвращался в Саров откуда-нибудь, например, из Москвы с лекций Ландау, куда ученых самолетом отправляли каждую неделю, у него сразу за проходной возникало ощущение дома. Саров – это был большой общий дом. А нынешняя молодежь, у них есть такое ощущение, как Вы думаете? И не отталкивает ли нынешнюю молодежь необходимость жить в режиме ограничения ради интересной работы, и при этом не иметь возможности поехать отдохнуть в так популярную у россиян за границу? Ведь, когда ваше поколение начинало работать здесь, за рубеж и вас, и всех прочих россиян не пускали одинаково, но сегодня-то картина иная.

– Что касается ограничений, то давайте называть вещи своими именами. Те запреты, которые есть сегодня, отталкивают огромное количество талантливой молодежи, она не хочет с ними мириться. И это очень серьезная проблема. Если бы не было этих ограничений на выезд за границу на отдых ли, на лечение, или в путешествие, мы бы сейчас брали лучших специалистов из всех вузов нашей страны, потому что более интересной работы, чем у нас, более содержательной и важной, нет в России.

– А как вы убедите, к примеру, ФСБ, которая не хочет, чтобы наши секреты распознались по всему миру?

– А почему они должны распознаться? Почему во всем мире люди нашего уровня ездят куда угодно, а нам нельзя? И почему сотрудник ФСБ, к примеру, считает, что наш ученый хуже него и непременно будет выдавать кому-то секреты? Да им просто очень удобно: все запретил и работать не надо! И между нами говоря, молодежь смеется над этими ограничениями, и очень многие не хотят у нас работать именно по этим причинам. Хотя на протяжении последнего десятилетия мы принимаем на работу молодежи не меньше, чем в советское время, и происходит это несмотря на то, что у нас есть экзамены и не всех желающих мы берем.

Дело в том, что мы давно этой проблемой занимаемся, сделали восемь кафедр в СарФТИ, чтобы наши профессора читали там лекции, готовили студентов. ВНИИЭФ около ста человек ежегодно берет оттуда. Кроме того, у нас хороший социальный пакет, молодые специалисты-оружейники менее 30.000 рублей не получают. Так что количество нас устраивает, и возрастной срез в институте нормальный. Но если бы этого ограничения не было, мы бы, повторю, брали на работу самых лучших в стране, брали бы специалистов разных научных школ, как это было здесь всегда. Так что зря они это делают, потому что ни в одной ядерной стране мира, кроме России и Китая, для людей нашего уровня нет ограничений на передвижение. Но, как Вы понимаете, решение этой проблемы от нас не зависит и никто ее не решит, кроме высшего руководства страны.

– Ваши близкие не роптали по этому поводу?

– Конечно, роптали. Но это же моя жизнь, моя судьба. Что поделаешь, мы посвятили всю свою жизнь этому делу и прекрасно сознаем, что оно самое полезное и нужное для нашего народа, для нашего государства.

– Благодарю Вас, Радий Иванович, за беседу и желаю больших успехов на Вашем поприще.

Петр ЧУРУХОВ

Talent, Enthusiasm and Love of Country

In the early 1960s graduates of Soviet physical institutes who were assigned to work at KB-11 design office in the closed town of Sarov knew virtually nothing either about the town itself or living conditions in it. Neither they were sure about the place where the office was situated since that information was highly classified that time. But they were confident that they would get engaged in a project of state significance.

Radiy Ilkaev, a graduate of School of Physics of Leningrad State University, came to Arzamas-16 (at present – Sarov) in 1961 when preparations for testing the first and most powerful hydrogen bomb were at full speed. Since then the project of state significance is the meaning of his life.

On October 9, 2013 Radiy Ilkaev celebrated his 75th anniversary. On the eve of the jubilee, we met Dr. Ilkaev, a former director (1996-2007) and Scientific Supervisor of Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics (VNIIEF), Academician of RAC and Russian Academy of Missile and Artillery Sciences, Honored Worker of Science of the Russian Federation, a laureate of many state and non-governmental awards and prizes, a founder of several scientific schools.

Metaphysics of Atomic Project

– Dr. Ilkaev, sure, I have prepared for our meeting, but now all the information about nuclear weapons and technoparks I have collected is of secondary importance. And here is the reason for this. On my way to the meeting I ran in Seraphim-Diveevo monastery that is fifteen kilometers from the town of Sarov. The monastery is one of Orthodox shrines. You've got monastery land in the Nuclear Center too, it is a place saturated with many prayers and associated with the life of St. Seraphim of Sarov. An idea struck me: maybe, it is not incidental that the Research Institute of Experimental Physics was founded on this land. Maybe, it was operation of Divine Providence that determined the choice and Lavrenty Beriya's decision. Have you ever thought about this coincidence?

– You know, such an outstanding research center could appear here for some objective reasons. Firstly, it is not far from Moscow that is a center of administration, science, etc. It was possible to invite prominent researchers, and it was an advantage: it did not take a lot of time to get in touch with scientists and consult them. The founding fathers knew it and realized how important it was to be close to the capital.

Secondly, it is a remote place; it is 180 km to both Nizhny Novgorod and Saransk. In this solitude it is possible to do very sophisticated and explosive works without any harm to anybody, not provoking questions of the local residents. The location was chosen with due account of specific requirements to a nuclear facility. Now it is obvious that other nuclear towns are located less favorably: they are closer to large cities than Sarov. So, the founding fathers knew the score.

You are right, too. It is hard to achieve anything without Divine Providence. This historic center of Orthodox Russia is an interesting place saturated with prayers. We should also remem-

ber that the Nuclear Center, one of the largest research organizations in the world, and Sarov, one of the largest Orthodox centers, are only 100 km from Bolshoe Boldino, one of the most important cultural centers of the country. One should admit that Sarov is really significant and emblematic. After we had begun to collaborate with the Orthodox church closely, one of the priests said: «Do you really think that you could do all this so successfully by yourselves, without the God's blessing? It is impossible! You should always remember about this and value the blessing».

So, I believe that the atomic project was supported by all beneficial forces existent in Russia. They helped us achieve splendid results for the benefit of the people and the country.

– Seraphim-Diveevo monastery is famous for its runlet, a long and narrow ditch. Tradition claims that it was Seraphim of Sarov who started digging it. For the centuries, millions of believers came there with their prayers to the Virgin, the monastery's protectrix. No one comes with an evil heart but with good wishes to himself, relatives and the country. It grows into a universal prayer for benefit and peace voiced by millions. But the nuclear bomb, a product of the Nuclear Center, that we never intended to use and treated only as a deterrent weapon, is also a kind of a peace plea today...

– Absolutely! We are proud that Russia's nuclear weapons have never been used and, I hope, will not be used. But they secured peace for a long time, and we believe that to the merit of Russian scientists and, first and foremost, the Nuclear Center is the fact that we have not had any serious military conflicts. Though we are engaged in dangerous projects, our goal is noble, specifically: to protect people from global violence. We have managed to achieve the goal. It's a great achievement.

Exactly for this reason, people who are engaged in such dangerous projects must have high moral standards. It implies that the activities of the Orthodox church in this land is a virtue.

– Probably, the founding fathers did not think about it at all...

– Right you are. But we know who rules the life even of those who claim to be atheists.

– I think that only you can answer the question: what kind of nuclear weapons do we have now? Not in the purely military terms, i.e. in terms of weapons delivery, suppression of antimissile defense, etc., but in scientific terms. What can you say as a developer of nuclear weapons?

– We always wanted the Soviet Union and modern Russia to have advanced nuclear facilities. Undoubtedly, we have developed technologies that can protect the country against any aggression. Everyone knows it.

– Especially aggressors.

– I should say: potential aggressors. I believe that no one has serious plans of assaulting Russia, because the second-strike will be so powerful that it would be impossible to survive it. Our scientists have been and are ensuring high level of protection. I admit that we had problems

in the early and mid 1990s, but we solved the problems, preserved the technologies and developed some of them. Thus, we are confident that our arsenal is safe and efficient, and can be used effectively to solve any military task of the Russian Federation.

– I expected a more practical estimation. Recently, Dmitri Rogozin has said that Russia does not lag behind the USA in development of hypersonic combat systems. Another example: we sell RD-180 rocket engine to Americans, and they admit that we are at least twenty years ahead of them in this respect. I realize that our nuclear bombs and their nuclear bomb are different. Yet, it is interesting to make comparisons and evaluations.

– True, both nuclear and hydrogen weapons are very different in different countries. Each nuclear power has and develops nuclear technologies of its own since there is no transfer of technologies in the field. In was only in the first product where there were some similarities and adoptions. But then we developed only Russian inventions and technologies. The situation is still the same. That's why we can be absolutely objective while comparing what they have and what we have.

– When products are different, what criteria are used?

– For example, what megatonnage can be delivered to the territory of the potential enemy.

– Are you responsible for delivery?

– We are not. But we do not design products for some unknown customer. Missiles, control systems and combat weapons are produced as integral parts of the system, and we cooperate with all the parties involved. It cannot be otherwise. An example: yesterday we received the General Designer of Moscow Institute of Thermotechnics that has developed Topol and Bulava missiles. We have had partnership relations for dozens of years. We cooperate with all service arms. We have very good relations with the Defense Ministry: the newly appointed minister has already visited our Institute, and we discussed the problems that require closer interaction. Thus, we are a united team that is engaged in the solution of the most important defense issues.

Russia's Nuclear Shield

– You mentioned problems of the 1990s, the time you were nominated the head of the Nuclear Center. It seems that no one needed those centers and All-Russian institutes that time. I think that when you say «difficult times» you use a sort of understatement.

– Not only we had salary arrears for 3-4 months, the media cursed defense industry employees, especially nuclear specialists, because they were engaged in allegedly useless projects as the country had no enemies. We had to convince authorities of various levels that the country needed the nuclear shield. We said that it was impossible to protect the vast territory of the country with the population of only 140 million using only general response forces. The task could be solved only with the use of deterrence weaponry with its advanced technologies. And we managed to convince the government.

– You said: «We managed to convince the government». It was the government of the 1990s that declared that we had no enemies. I remember the time when Russian-American joint ventures were set up at strategic defense enterprises, when Governor Nemtsov made a presentation of the newly opened city together with its defense potential and invited everybody to it. Were you affected as well?

– No, Boris Nemtsov visited the town but for the rest the access was denied by the Federal Security Service. There were the same security measures as in the time of Beriya.

I would like to say about another thing. In 1996, in the difficult time, we held a meeting of the World Russian Council presided by Patriarch Alexis II. The event was organized by present Patriarch Kirill. The discussion organized in Saint Daniel monastery in Moscow was devoted to «Nuclear Weapons and National Security of Russia».

The Church provided support and stated that our work is required by Russia, that scientists, designers and other specialists are engaged in projects that are very important in terms of securing peace. It was written in the Council's resolution. After that, the things began to improve gradually, and now the whole country thinks in the same way.

– So, again Divine Providence interfered? But how could you manage to convince the government?

– Boris Eltsin was elected President in 1991, and February next year he visited the Center, and we made reports. We spoke about our achievements in the Soviet period and the available results. He also offered his support to us, so we did not have any problems in this respect. But in the mid 1990s the economy was in dire straits. In that very difficult situation we insisted that we still existed, that we were capable of working effectively. Despite the difficult situation, specialists of the Nuclear Center did not leave it. I am very grateful to the team of the Center. None of the best specialists resigned that time. But we had to use all means and the new Russian legislation to support them.

– How could legislation help when salary was not paid at a state enterprise?

– Opportunities were offered by international cooperation: we received grants and used them to help the best specialists. The team understood that in some time we would be able to help everybody. So it happened soon.

– What kind of international cooperation was it? Hadron Collider appeared later.

– In this situation Collider is a trifle. Scientific cooperation began after the decision had been taken by Russian and US presidents. Americans provided grants to projects useful for everybody, and International Research and Technical Center was set up. Among the common research problems is there the problem of containers that are not classified at all. Nuclear components of ammunitions are to be transported, thus it is necessary to have containers that would prevent their dissemination in any accident. Containers for transportation of ammunitions themselves are also required. Another problem is development of storages for nuclear components able to survive any bombardment. We had many common problems of the kind, and in big science too. The cooperation began, it was interesting and fruitful.

We used effectively those mechanisms, and specialists understood that it was possible to work further. At the same time people realized

that the nuclear shield, a powerful one, would safeguard Russia. That is why we managed to save all technologies of development, durability, hardness and viability testing, though nuclear tests were prohibited. The industry was alive. Victor Mikhailov, the first Minister of Nuclear Power Production, was among those who fought for the industry and saved it in the difficult time. We are proud that we also participated in it. We had to act in various fields, and managed to bring this philosophy to the minds of the authorities.

To Live with One's Own Mind

– Can you say that now nuclear specialists do not have to prove that their work is necessary? The museum of the Center keeps an autograph note made by Vladimir Putin in 2003: «VNIIEF is the asset and pride of Russia».

– We have always had to prove that we are necessary, and must do it now in light of the stranglehold of officials. We have to convince them again and again. Otherwise, science will degrade. Now officials listen to scientist less attentively than in the past. Thus, do not think that everything is all right. It will never be so. We shall have to fight, convince and persuade officials.

– It's time to ask you what you think about the reform of the Russian Academy of Sciences launched by officials.

– I think the reform is bad; it is a heavy strike on Russia's science that will affect it for dozens of years ahead. We know from history that cybernetics and biology were suppressed in 1940s in the Soviet Union, and we still feel the consequences of it. Peter the Great organized the Academy, but it took many years for it to become a genuinely Russian Academy. Scientific schools must be nurtured, supported and developed, not placed under control of officials who do not know anything about science.

When we analyze and estimate some decisions, we should appeal to history and draw lessons from past experience. I recall an interesting fact. When Americans developed their atomic project they attracted the European scientific elite, the most prominent scientists, and they had to have an administrative structure. They realized that to ensure efficient management of the project it was necessary to use private sector. Do you know why? The reason is very simple: the US government had no experience of managing such sophisticated research projects. But in the Soviet Union and in Russia it was just the opposite: the state managed all large research projects through the Academy of Sciences. Is it really necessary to transfer drawbacks of American management to Russia? Now we see transfer of everything from the States to Russia, with negative effects. It means that officials do not value that tremendous positive experience we have gained. There has been a lot of good in Russia's history; the positive experience must be used; we must live with our own mind. To live as we, particularly, representatives of the defense industry, lived in the past and live now. In other words, it is necessary to value talent, enthusiasm and love of country. In this case everything will be all right.

– I agree. But when wise people say such simple things, I have a question: why others do not hear? Others include Vladimir Fortov, the newly appointed President of the RAC. Probably, he also said something of the kind to President Putin. But Mr. Putin signed a decree and launched the reform.

– Over one hundred thousand researchers and hundreds of institutes have sent their collective protests. You see?

– But they seem to have no effect.

– I'm afraid no one reads them. The present time is peculiar for the fact that they do not hear or do not want to hear opposite views.

– Deafness of authorities is harmful for society. But now I speak about the best intellectuals of Russia who have worked for the benefit of the country for many years. And they can predict consequences for many years ahead. Is possible to kiss off their objections?

– I've got an impression that officials speak only to each other. Other information flows do not reach them: they have either filters or module stubs.

Certainly, Rosatom Corporation is not a part of the RAC. To be honest, I should say the government's attitude toward us is very favorable. Budgeting is good, everything is OK, though we want the things to be even better. But why do we also criticize the RAC reform? Because in future we shall be asked: why were you silent? Besides, we remember that the Atomic Project was initiated by the Academy of Sciences. All key initiators worked there. The first laboratory that later has grown into Kurchatov Institute was named Laboratory No 2 of the Academy of Sciences. KB-11 design office, the precursor of our Institute, was named «KB-11 at Laboratory No 2 of the RAC». The first tests of the nuclear bomb in 1949 were conducted when we belonged to the Academy of Sciences.

Moreover, we understand that big science must be instrumental in the field of thermonuclear weapons because only national technologies can be used in the field. Certainly, international cooperation is also required. To ensure the normal course of things, this broth, figuratively speaking, must be nourishing. That is why we want Russian science to be advanced, we want to have more researchers who have a better vision of the perspective than all the rest. That is why we express our opinion, though we are grateful to the government for its attention to nuclear technology.

Computer Instead of Explosion

– Who is to be thanked for the attention to supercomputer technology that assumes great importance in the period when nuclear tests are banned? Or, maybe, this is another topic?

– Not at all. When the first nuclear bomb and hydrogen bomb were developed, thousands of calculations must be done before the tests. A part of those calculations was tested here, at our laboratory and explosion areas, and only after that they were tested at the nuclear test ground. Such is the technology of developing sophisticated technical systems: first, everything is calculated, and then experiments are made. Empirical method is impossible here since it implies a lot of experiments and low effectiveness.

We have created a new technology of developing sophisticated technical systems, but it required math modeling of complicated physical phenomena and use of powerful computers. In the development of nuclear and thermonuclear weapons computerized modeling is most essential, especially when nuclear tests are banned. Of course, sophisticated measuring instruments are necessary too. Some tests are made here, at our testing grounds. But to be sure that the thermonuclear unit is reliable, we must use all the data in a physical analogue, to make math

programs based on these analogues and to calculate a product's behavior using the most powerful computers. And then to demonstrate it to the government, the military and experts: look here, this is the state of our nuclear weapons today; they are reliable, efficient and safe.

– Was the supercomputer project affected when Americans put VNIIEF on the blacklist several years ago?

– It always happened: since the time the first blacklist was compiled, VNIIEF is among the institutes that cannot receive any defense-related technology.

– How do you solve the most sensible problems of hardware components?

– We find appropriate solutions in the free market; besides, excellent designers are available. Certainly, we can hardly solve the task of developing a computer with the capacity similar to that of an American computer. But we do not need it. We believe it is not a tragedy when capacity of our computers is ten times lower now because we catch up with them two or three years later. In 1970 when the process of developing nuclear and thermonuclear weapons was on its peak, we used BESM-6 computer for calculations. It had capacity of 10^6 operations per second. Now the capacity is 10^{15} operations, i.e. computers are a billion times more powerful now.

– So you think there is no need to take part in the race?

– But yes, we should do it! But this gap in two-three years is not critical; it can be compensated for by a more complete physical model or a better configuration of the math model.

– It is known that theory is dead without practice. Yet, can we say that nuclear test ban prompted the development of supercomputers? Are supercomputers capable of simulating the processes that were detected during explosions on test grounds in the past?

– Designing a sophisticated device without being able to test it is a challenge. Science does not have such experience. But it became possible since the device's design is rooted in fundamental physics and fundamental laws of theoretical and experimental physics. Immediately after nuclear tests were banned, efforts were made to boost the capacity of computers. Then, installations were developed to measure accurately physical processes that occur, for example, in hot and dense plasma and to understand completely the physical nature of such processes. And testing equipment for physical experiments was improved. Not only computer simulation techniques but the whole process was developed rapidly in order to understand what goes on in nuclear and thermonuclear charges. Though such experiments have never been made before, we hope we shall manage to solve the task.

– Do you know everything about the physical nature of a nuclear explosion or other generations will have to clarify it?

– Upon the whole, we know everything. But we are not satisfied with it, we need details, subtle nuances. For example, during laser thermonuclear synthesis the charge envelop squeezes the fusile material. A pressure error of several percent results in complete pressure degradation. That is why we must measure details with great accuracy to reproduce them in the computer. Otherwise, it would be impossible to ensure the reliability of the device. Another example: aging of the material. There are some changes that are invisible for a

human being but are essential for the device. We must know and see these changes. Moreover, we must convince our customer that we understand the nature of the changes, that according to our calculations the changes do not affect the quality and properties of the device.

– Do you mean the life cycle of sophisticated facilities?

– Exactly! The tasks remain topical since nuclear and thermonuclear weapons will still be there at least for a century, and there are no reasons to abandon them. Methods of force are still used in politics and, unfortunately, nowadays the scale of their use expands. It means that we must understand each tiny change both quantitatively and qualitatively. To have this capacity we must develop super-accurate physical models of substances behavior. As concerns thermonuclear weapons, we must know substances behavior in the range of normal temperature to hundreds of millions degrees. And gas density is to be measured in the range of one gram to one kilogram per a cubic centimeter. The task is both interesting and difficult.

To Those Who Follow Us

– Not only scientists but any person with inquisitive mind would like to know what happens to the material when its density increases thousand-fold, and what force can do it. But it requires enormous budget while the end product is a bomb that, I hope, will never be used. The Soviet Union was to blame for spending a lot of money for military purposes, not for improving citizens' life. In the time of Gorbachev the word "conversion" became very popular, and aircraft plants started to produce pots. Is Sarov Technopark a good version of military technology conversion into civil production?

– One cannot deny that a lot of good was done in the Soviet period. But I believe that the confrontation of the Soviet Union and the USA was redundant. If they deployed a weapons system we responded with our weapons system that could destroy them 30 times. But three times would be quite sufficient. It means that it was possible to reduce arms to the level of sufficiency and to allocate the released resources to modernization of industry and agriculture.

As for technoparks, we have several reasons to establish them. First, research centers that can contribute to the economy development are scarce in Russia; the Nuclear Center is one of them. Undoubtedly, in the fields of science, technology and design ideas can be born that can be transferred from the defense industry to the civil production. It happens in IT: software for measuring heat transmission mass developed by us can be and are used in civil production.

Another serious reason is as follows. Sarov is a big town, and one institute with 18,000 employees cannot create more jobs. We should create ten thousand good jobs to ensure development of the town infrastructure and to let citizens earn as much as VNIIEF specialists do and be happy. VNIIEF employees also want to live in a trouble-free town.

We think it to be our important task in the social field to create more jobs for the town. In Russia there is no experience of it, but we hope we'll succeed in this undertaking.

– Why is it so difficult? Why nobody does it?

– Because our market is stuffed with imported goods. Now it is impossible to do what was possible at the end of the 1980s when the market was not occupied. Now it is occupied by

powerful international companies. To enter the market, one should produce goods of the world-class quality but at a lower price.

– Technoparks are for the young, aren't they?

– Sure, they are. Experienced specialists must be employed there too, but their number should be limited. Technoparks must be staffed with those who study at, say, Sarov Institute of Physics and Technology. They would work at the Technopark and manufacture products that are in demand.

– Boris Krasnov, your colleague and Senior Researcher of the Institute of Theoretical and Mathematical Physics, has told me that when he was young scientists were sent every week from Sarov to Moscow to listen to lectures of Landau, for example. But each time he came back he felt at home. Sarov was a big common home. Do young people feel the same? Are they depressed by the need to live in a closed town, to experience some restrictions for the sake of an interesting job without being able to go abroad for vacation? When you were young, people could not go abroad, but now the situation is different.

– Let us call a spade a spade. The restrictions we have push away a great number of talented young people who do not want to put up with them. It is a problem of great concern. Because of these restriction of going abroad we cannot invite the best graduates of Russian universities though we can offer the most interesting and important job.

– Will you be able to come to terms with the Federal Security Service that does not want our secrets to stalk all over the world?

– Why should they stalk over the world? In other countries people of our profession can go anywhere; why can't we do the same? Why does a security officer think that a scientist is worse than he is, that a scientist will blow the gab? The situation is convenient for them: if you prohibit everything there is no need to work. Young people laugh at the restrictions, many of them do not want to work here because of them. But in the last ten years we hired annually the same number of young specialist as in the Soviet period, though applicants are supposed to take exams and we do not employ everyone.

We have been working with the youth for a long time: we have organized eight departments at Sarov Institute of Physics and Technology, our professors read lectures, educate students. Each year VNIIEF hires about a hundred graduates of Sarov Institute. We offer good employment benefits; young specialist's salary is 30,000 rubles (about \$1,000) and over. So we are satisfied with the number of young specialists and the age balance at the Center. But I say it again: if it were not for the restrictions, we would hire the best specialists of various scientific schools of the country. The restrictions of movement are needless; only Russia and China have introduced them for people of our profession. But the problem can be solved only by the government.

– Have your family members grumbled?

– Of course, they have. But this is my life, my destiny. What can a man do? We have given ourselves to this work, and we realize that this is the most useful work for our people, for our country.

– Thank you for the interview.

Petr CHURUKHOV

Молодежь и инновации

Этой осенью в НИИИС им. Ю.Е. Седакова (Нижний Новгород) с большим успехом прошла VIII научно-техническая конференция молодых специалистов Росатома «Высокие технологии атомной отрасли. Молодежь в инновационном процессе».

Поделившись инновационными наработками и обменяться свежими идеями собрались более 130 молодых ученых из 36 предприятий России, включая представителей атомных электростанций, специалистов научных центров России, студентов базовых вузов.

На открытии конференции с докладами выступили ведущие специалисты ОКБМ Аф-

рикантов, НИИИС, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ВНИИА и других предприятий отрасли.

В научную программу конференции вошло более 80 научных докладов по наиболее актуальным для отрасли направлениям:

- разработка и проектирование радиоэлектронных приборов и систем;
- АСУ объектами АЭ и ТЭК и их компоненты;
- микроэлектроника;
- информационные технологии;
- разработка и автоматизация технологических процессов;
- безопасность атомной отрасли.

Эксперты из числа ведущих специалистов предприятий Росатома определили лидеров в каждом направлении, отметив при этом высокий уровень представленных работ, актуальность поднимаемых вопросов и профессиональную компетентность докладчиков. Все победители и призеры награждены дипломами и памятными подарками.

Журнал «Атомный проект» публикует на своих страницах материалы, представленные победителями научно-технической конференции «Высокие технологии атомной отрасли. Молодежь в инновационном процессе», получившими награды в каждой из номинаций.



The Youth and Innovations

This autumn NIIS named after Yu. Sedakov (Nizhny Novgorod) organized the 8th Scientific and technical Conference of Rosatom's young specialists «High Technologies in the Nuclear Sector. The Youth and Innovations».

Over 130 young scientists took part in the event to share their results of their research and fresh ideas. They represented 36 companies and organizations of Russia: nuclear power plants, research centers, the best universities. At the opening of the conference senior specialists of ОКБМ Afrikantov, NIIS, VNIIEF (All-Russian Research Institute of Ex-

perimental Physics), VNIIA (All-Russian Research Institute of Automatics) made their reports.

The program of the conference included over 80 reports on the most topical research fields such as:

- design and development of radioelectronic instruments and systems;
- automated control systems in nuclear and fuel-and-energy sectors and their components;
- microelectronics;
- IT;
- development and automation of flow processes;

- security in the nuclear sector.

Experts from Rosatom enterprises nominated the research leaders in each field. They noted the high quality of investigations, the topicality of the research presented and professional competence of the presenters. All winners were awarded Diplomas and trophies.

The «Atomic Project» offers materials presented by the leaders in each of the nominations at the conference «High Technologies in the Nuclear Sector. The Youth and Innovations».

Прикладное программное обеспечение верхнего уровня системы контроля и управления электротехническим оборудованием общестанционных собственных нужд и оборудованием схемы выдачи мощности АЭС

А.А. Нуждин, ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

Введение

В настоящий момент на Ростовской АЭС контроль и управление электротехническим оборудованием (ЭО) схемы выдачи мощности и общестанционных собственных нужд осуществляется с использованием традиционных щитов оперативно-диспетчерского управления с проводными линиями связи. Данное оборудование устарело как морально, так и физически. Оно не только не обеспечивает выполнение современных требований, предъявляемых к АЭС в части информационного обеспечения, но и не позволяет увеличить перечень контролируемого оборудования для ввода нового энергоблока. В связи со строительством энергоблоков №3 и №4 ОАО «Концерн Росэнергоатом» и ОАО «НИАЭП» принято решение о модернизации существующего центрального щита управления Ростовской АЭС и создании современной системы контроля и управления электротехническим оборудованием. В соответствии с техническим заданием ключевой особенностью системы является возможность контроля и управления электротехническим оборудованием по цифровым каналам независимо с двух постов – управления с дисплейных автоматизированных рабочих мест (АРМ) (основной пост) и с мозаичных панелей контроля (МПКУ) (резервный пост). Объект автоматизации содержит около 3500 дискретных и 216 аналоговых параметров. Дискретные сигналы определяют состояние ЭО, в том числе «включено»/«отключено», формирование аварийной или предупредительной сигнализации. Аналоговые сигналы представляют собой параметры ЭО, например: сила тока, напряжение, активная и реактивная мощность высоковольтных линий, турбогенераторов.

Для решения задачи основного контроля и управления с АРМ было разработано прикладное программное обеспечение (ППО) верхнего уровня системы, представляющее собой систему сбора, обработки, отображения и архивирования информации об ЭО и управления им, представленную в виде прикладного проекта Simatic WinCC – среды проектирования SCADA-системы1 фирмы Siemens (далее – прикладной проект), программное обеспечение для конфигурирования прикладного проекта, база данных входных сигналов системы. Среда проектирования Simatic WinCC уже использовалась специалистами ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова» при создании программно-

технического комплекса сбора информации (ПТК СИ) из состава СКУ ЭЧ энергоблока №4 Калининской АЭС.

Функции ППО системы

Основными функциями прикладного программного обеспечения верхнего уровня в рамках системы являются:

- обеспечение возможности выдачи команды включения высоковольтных выключателей на контроллер устройства сопряжения с объектом (УСО) для запуска алгоритма полуавтоматической синхронизации частот, фаз и напряжений высоковольтной линии, идущей к потребителю, с подключаемой сборной шиной схемы выдачи мощности АЭС, а также отображение информации о работе алгоритма оператору АРМ.
- отображение состояний оборудования объекта автоматизации в виде электротехнической схемы;
- обеспечение возможности управления выключателями собственных нужд и выключателями резервного электроснабжения энергоблоков, переключения ступеней РПН автотрансформатора и резервных трансформаторов АЭС путем выдачи соответствующих команд на УСО;
- архивирование значений аналоговых приборов, информационных и аварийных событий, а также представление детализированных сообщений из данных архива по запросу оперативного персонала;
- обеспечение работы всех функций прикладного обеспечения в случае выхода из строя сервера, АРМ, одного из 2-х мониторов АРМ;
- отображение диагностической информации по состояниям оборудования системы.

Описание ППО

В начале разработки ППО были усовершенствованы принятые типовые алгоритмы и методы обработки данных в среде проектирования WinCC. Путем экспериментальных исследований определено и реализовано в рамках среды проектирования WinCC оптимальное решение для обеспечения контроля достоверности источника сигнала и возможности добавления новых источников, разработан нестандартный и более эффективный метод хранения внутренних переменных в прикладном проекте.

ППО системы полностью обеспечивает выполнение требований ТЗ в части основного управления системы. Помимо этого, ППО об-

ладает большим количеством функциональных возможностей, которые не были описаны в ТЗ. Причин их появления несколько.

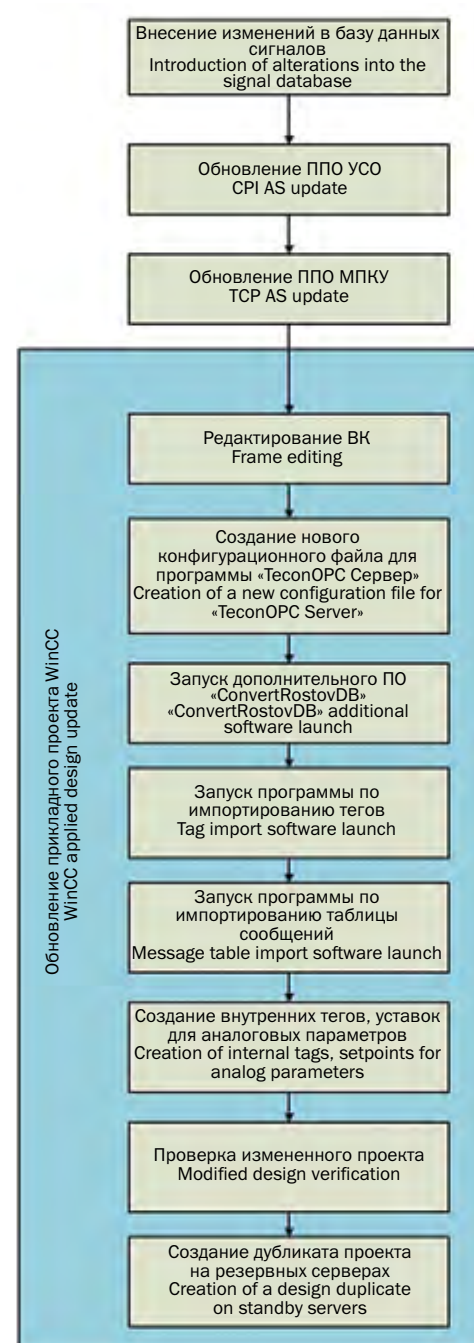


Рис. 1. Алгоритм обновления ППО
Fig. 1. AS Update Algorithm

Во-первых, большое количество пожеланий генпроектировщика и заказчика, повлекшее за собой значительную переработку архитектуры ППО и открывшее возможность реализации дополнительных функциональных возможностей. Во-вторых, желание создать ППО таким образом, чтобы SCADA-система была максимально удобной, функциональной, быстрой и гибкой.

Удобство использования SCADA-системы достигается:

- хорошим цветовым решением и дизайном ЧМИ;
- удобной структурой полей перехода и иерархией видеокадров (ВК);
- возможностью просмотра справочной информации по каждому сигналу системы путем выбора оператором соответствующей пиктограммы;
- возможностью фильтрации сообщений по выбранному оборудованию;
- выделением выбранного ВК в меню полей переходов на ВК;
- выделением полей переходов путем изменения цвета фона в случае сигнализации;
- выводом причины недоступности команды в виде всплывающего сообщения.

Высокая функциональность достигается:

- возможностью управления ЭО с обобщенных и детализированных ВК;
- регистрацией любых действий оператора, в том числе квитирования аварийных сообщений;
- возможностью задания уставок для аналоговых сигналов;
- введением журнала работы пользователей системы;
- анализом достоверности сигналов;
- возможностью вывода оборудования в ремонт (запретом оператором управлять ЭО, находящимся в ремонте);

- возможностью автоматизированной проверки каждого измерительного канала (ИК);
- разграничением прав пользователей для различных действий оператора. В том числе, предусмотрены следующие полномочия: «Управление оборудованием», «Просмотр журнала пользователей», «Проверка ИК», «Вывод оборудования в ремонт», «Задание аналоговых уставок», «Режим включения напрямую».

Быстродействие SCADA-системы достигается:

- нестандартными для данной среды проектирования методами хранения внутренних данных на основе статических переменных проектных функций;
- технологией обработки дискретных сигналов, основанной на использовании статусных тегов (переменных).

Хорошая гибкость прикладного проекта достигается:

- наличием основного функционала прикладного проекта в проектных функциях с унифицированным кодом;
- упрощенным способом внесения изменений в конфигурацию прикладного проекта, в том числе обновления справочной информации, добавления адресов OPC-переменных, изменения таблицы компонента «Системы сообщений» WinCC за счет использования дополнительного ПО (см. рис. 1).

Также стоит выделить следующие особенности архитектуры ППО:

- функциональные блоки SCADA-системы разделены на три компонента инструментария WinCC: для проектирования вида видеокадров, для программирования логики работы ПО, для конфигурации перечня сигналов объекта автоматизации;
- использование единственной проектной функции для программирования поведения объекта определенного класса пиктограммы на видеокадрах;

- использование для обработки состояний пиктограмм значения отдельных битов статусных переменных вместо конкретных дискретных сигналов;

- отображение всех возможных событий с выбранным оборудованием в виде световых программируемых табло на видеокадре.

На рисунке представлен один из 80 разработанных видеокадров, представляющих различную степень детализации технологической схемы объекта автоматизации.

В марте 2013 года система успешно и без замечаний прошла комплексные испытания с участием представителей заказчика на полигоне. В настоящее время оборудование отгружено на площадку Ростовской АЭС. В ближайшее время ожидаются пусконаладочные работы для внедрения системы в опытную эксплуатацию.

Выводы

Разработанные алгоритмы могут быть использованы в дальнейших проектах в качестве шаблонов для генерации различных элементов представления информации на АРМ, а также в качестве типовых алгоритмов выдачи команд управления исполнительными механизмами на нижний уровень АСУ ТП. Результаты проделанной работы используются в качестве прототипа для создания ППО верхнего уровня программно-технического комплекса сбора информации с микропроцессорных релейных защит электротехнического оборудования (ПТК СИ) для первого энергоблока Ленинградской АЭС-2 и будут использоваться для создания ПТК СИ для Балтийской АЭС. Полученный опыт может быть использован для создания других систем в части реализации человеко-машинного интерфейса подсистем АСУ ТП различной степени сложности.

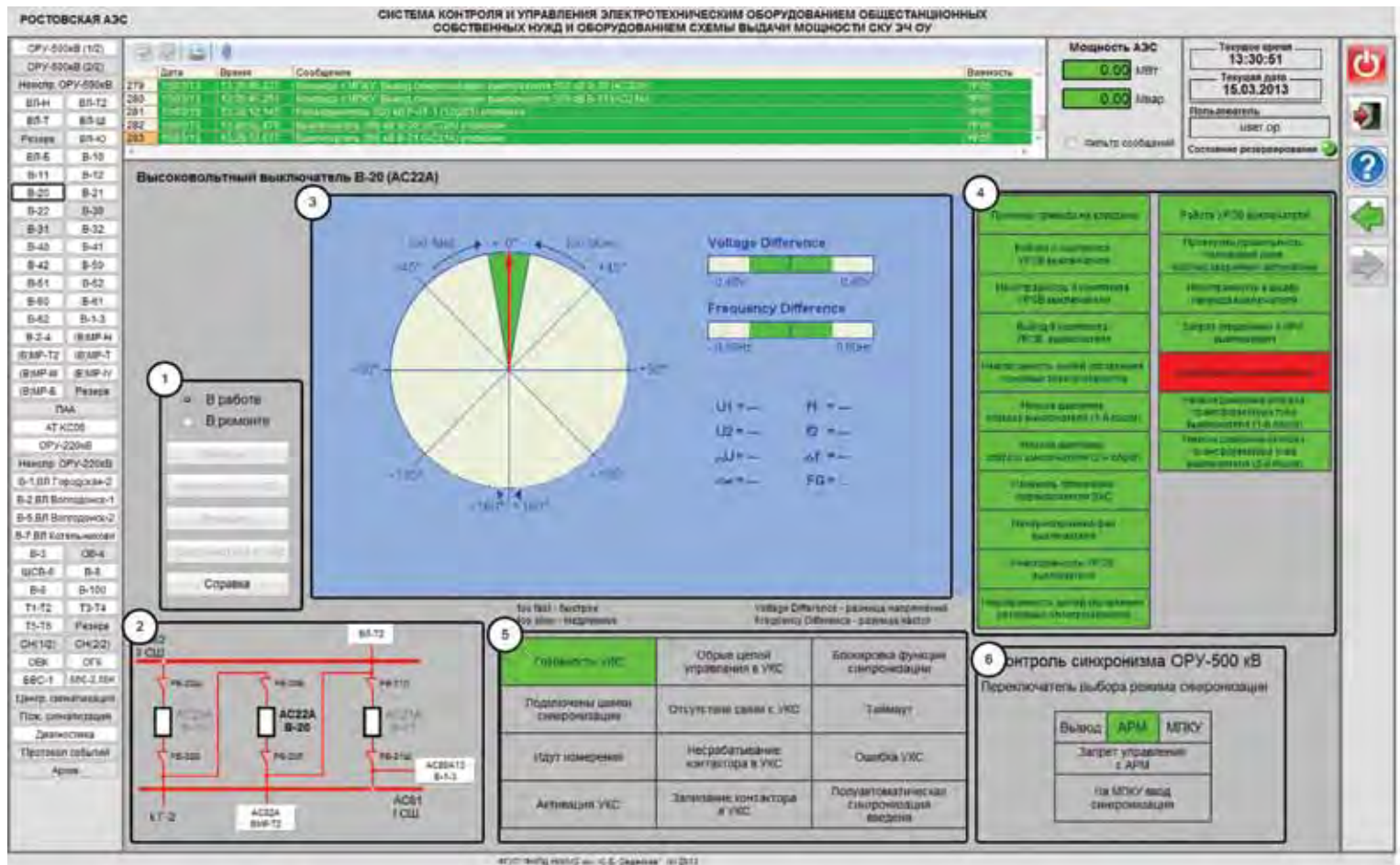


Рис. 2. Детализированный ВК управления высоковольтным выключателем / Pic. 2. Detailed frame for controlling high-voltage circuit breaker

1 – элементы управления выключателем / switch control;

2 – фрагмент технологической схемы / flow diagram fragment;

3 – состояние работы УКЗ3 / SCU3 status;

4 – информационные табло по дискретным сигналам состояния выключателя / information board for discrete switch status signals;

5 – информационные табло УКЗ / SCU information board;

6 – информационные табло состояния ключа выбора режима синхронизации на МПКУ, запрета управления с АРМ / information board for synchronization mode selector switch of TCP, AWS control ban.

Upper Level Application Software of the Control System and Management of Electrical Equipment for BOP Needs and of Equipment for NPP Power Distribution Scheme

A. Nuzhdin, Federal State Unitary Enterprise Federal Research and Production Center «Scientific-Research Institute of Measuring Systems named after Y.E. Sedakov» (NIIS)

Introduction

At the Rostov NPP control and management of electrical equipment (EE) for a scheme of power distribution and BOP needs are currently ensured using traditional supervisory control management switchboards with wire lines. This equipment is outdated both morally and physically. It fails not only to ensure compliance with modern requirements for NPPs in terms of infoware, but to increase a list of controlled equipment to commission a new power unit. Taking into consideration construction of power units № 3 and № 4 Rosenergoatom and NIAEP JSC adopted a decision to update the existing main control switchboard of the Rostov NPP and to set up an advanced electrical equipment control and management system (EE CMS). Pursuant to the statement of work the key feature of the system implies an opportunity to control and manage electrical equipment via digital channels independently from two posts – management through automated workstations (AWS) (main post) and tile control panels (TCP) (redundancy post). An automation object contains around 3500 discrete and 216 analog parameters. Discrete signals specify the EE state, including «on»/«off», generation of alarms and warning signals. Analog signals are EE parameters, for example current intensity, voltage, active and reactive power of high-voltage power lines, and turbine generators.

To resolve the issue of primary AWS control and management, applied software (AS) of the system upper level was designed to become a system of selecting, processing, displaying and archiving (logging) data about the EE and management thereof that is presented in the form of an applied design called Simatic WinCC – SCADA1 design environment developed by Siemens (hereinafter referred to as an applied design). Besides, software for configuring an applied design and a database of input signals were designed. Design environment Simatic Win CC has already been applied by experts of the NIIS when developing a hardware and software suite for data collection (HSS DC) from the EE CMS of power unit No. 4 of the Kalininskaya NPP.

System AS Functions

The key functions of applied software of the upper level within the system are the following:

- ensuring an opportunity to generate a command of switching on high-voltage circuit breakers for the controller of a computer-process interface (CPI) required to launch an algorithm of semi-automatic synchronization of frequencies, phases and voltages of a high-voltage power line supplying the consumer with a switched bus bar of a NPP power distribution scheme, as well to display data on algorithm efficiency for an AWS operator;
- displaying equipment status within an automation object in the form of an electrical scheme;

- ensuring an opportunity to manage BOP switches and stand-by power supply switches of power units, to switch the stages with an OLTC of a NPP autotype transformer and standby transformers by means of generating relevant commands for the CPI;

- archiving analog instrument values, information and alarm events, as well as providing detailed messages from archive data as requested by operating personnel;

- maintaining all the functions of applied software in case of a server or AWS failure, or failure of one of the two AWS displays;

- displaying diagnostic data on equipment statuses in the system.

AS Description

AS development started with upgrading the adopted standard algorithms and data processing methods in the WinCC environment. Through experimental studies an optimal solution for maintaining control over the signal source validity and add-up of new sources was defined and implemented within the WinCC design environment. An unconventional and more effective method of storing internal variables in an applied design was developed.

System AS provides full compliance with the SOW requirements in terms of primary system management. Besides, AS enjoys a wide range of functional options that are not described in the SOW. There are several reasons for their emergence. Firstly a great number of requests from a general designer and a customer caused significant processing of the AS architecture and opened up the possibility to implement additional functional options. Secondly the AS was desired to make SCADA system most convenient, functional, fast and flexible.

SCADA system is convenient for the following reasons:

- fine HMI design and color layout;
- convenient structure of transition fields and frame hierarchy;

- opportunity to view reference information for each system signal through selecting an appropriate icon by an operator;

- opportunity to filter messages on the selected piece of equipment;

- highlighting of a selected frame in a frame transition field menu;

- highlighting of frame transitions by means of changing the background color in case of alarm;

- displaying of the reason for command unavailability in a pop-up message.

SCADA system is highly functional for the following reasons:

- opportunity to manage EE using generalized and detailed frames;

- registration of any actions performed by an operator, including alarm acknowledgement;

- opportunity to set analog signal setpoints;
- logging of system user activities;

- signal validity analysis;

- opportunity to withdraw equipment for repairs (prohibition for operators to manage EE under repair);

- opportunity to conduct automated verification of each measuring channel (IR);

- user rights differentiation for a variety of operator's actions. The powers shall include the following: «Equipment Management», «User Log View», «IR Verification», «Withdrawal of Equipments for Repairs», «Setting Analog Setpoints», «Direct Switch-On Mode»2.

SCADA system is fast for the following reasons:

- unconventional for the given design environment methods of storing internal data based on static variables of design functions;

- technology of processing discrete signals based on status tags (variables).

SCADA system is highly flexible for the following reasons:

- availability of the main functional of the applied design in design functions with a unified code;

- simplified method of introducing alterations into the applied design configuration, including reference data update, OPC location extension, change of the component table of the WinCC «Message System» using additional software (see Fig. 1).

Besides, the following features of AS architecture shall be singled out:

- functional units of SCADA system are divided into components of WinCC toolbar: for designing frame view, for programming software logic, for configuring a list of signals of an automation object;

- application of a single design function for programming the behavior of an object of a certain icon type in frames;

- application of a value of separate status variable bits instead of certain discrete signals for icon status handling;

- display of all possible events regarding selected equipment in the form of illuminated programmable boards in a frame.

Picture 2 presents one of 80 designed frames representing a different degree of detalization of an automation object flow diagram.

In March 2013 the system successfully and unconditionally passed intensive testing in the presence of customer representatives on the range. At present the equipment is shipped to the Rostov NPP. Commissioning is about to start in the nearest future to launch the system trial run.

Conclusion

Designed algorithms can be used in future projects as templates to generate different elements of presenting information in AWS, and as generic algorithms of generating commands to control actuators for a low-level computerized process control system. The results of this work are used as a prototype to create high-level AS of a hardware and software suite for data collection from the EE microprocessor relay protections (HSS DC) of power unit No.1 of the Leningrad NPP-2 and will be used to create HSS DC at the Baltic NPP. This experience can be used to create other systems with regard to HMI CPCS subsystems of varying complexity.

Пользовательская графическая среда многопроцессорной вычислительной системы Cluster Desktop Environment

**А.И. Ермошкин, А.И. Чайка, А.Н. Петрик,
Д.А. Новаев**
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Во ВНИИЭФ с 2009 года начата разработка компактных суперЭВМ (КС-ЭВМ), как универсальных, так и специализированных (гибридных). КС-ЭВМ – это суперкомпьютеры терафлопсной производительности настольного размера, которые предназначены стать повседневным инструментом исследователей, конструкторов и технологов. Базовой операционной системой (ОС) для КС-ЭВМ выбрана ОС с открытым кодом Scientific Linux, программно совместимая с одним из наиболее распространенных дистрибутивов Linux RedHat. Она обеспечивает эффективное использование вычислительных ресурсов КС-ЭВМ в мультизадачном и многопользовательском режиме. Программное обеспечение КС-ЭВМ предназначено для создания параллельной вычислительной среды, обеспечивающей разработку, отладку и выполнение последовательных и параллельных приложений, управление заданиями и ресурсами, управление доступом и хранением данных, мониторинг аппаратно-программных компонентов, сбор и обработку информации об использовании вычислительных ресурсов и эффективности выполнения параллельных приложений, визуализацию и графический анализ данных для задач математического моделирования.

В настоящее время в ОС, устанавливаемой на КС-ЭВМ, существуют графические интерфейсы, предоставляющие разнообразные возможности для работы с МВС, но они обладают существенными недостатками. Основным недостатком является тот факт, что не существует интерфейса для решения конкретного набора задач и взаимодействия с МВС как с комплексом, а существуют решения только для работы на отдельных узлах. Так же существующие интерфейсы требуют для работы значительные вычислительные мощности МВС и ресурсы ЛВС.

Разработанный интерфейс призван объединить БСППО разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ в единую графическую оболочку, что позволит уменьшить трудозатраты на обслуживание ПО КС-ЭВМ после сдачи его конечному пользователю, поддержание работоспособности машины как единой целой структуры, переконфигурирование машины или замену её системного программного обеспечения, облегчит использование основных возможностей КС-ЭВМ (счет параллельных задач, управление учетными записями пользователей и групп, настройка системных служб и т. д.).

Фактически, данный программный продукт позволяет начать использование КС-ЭВМ сразу же после ввода ее в эксплуатацию, не дожидаясь полного обучения обслуживающего персонала, а также облегчает работу пользователям, избавляя их от необходимости пользования консольными терминалами и

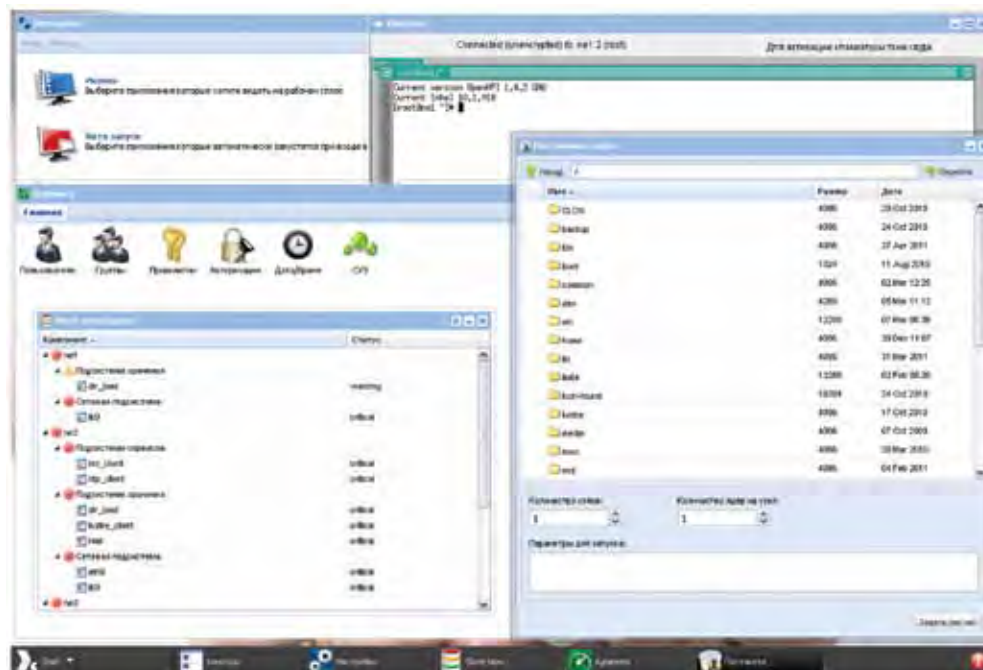


Рис. 1. Общий вид системы CIDE / Fig. 1. CIDE. General view

предоставляя в электронном виде структурированную помощь по программным компонентам БСППО, входящим в состав ПО КС-ЭВМ.

Реализованный интерфейс не нагружает графическую подсистему КС-ЭВМ за счет использования WEB технологий, а также за счет того, что графическое окружение просчитывается на стороне клиента, то есть на удаленной машине, которая получает доступ на КС-ЭВМ по ЛВС.

Приложение написано на языках программирования PHP, Perl, ExtJS, JavaScript (ExtJS – фреймворк, написанный на JavaScript и предназначенный для создания графических приложений в среде веб).

В качестве веб-сервера используется Apache, в качестве СУБД используется MySQL. Для удаленной работы с графикой самой операционной системы, установленной на узле, используется VNC-сервер. Все перечисленные программные средства входят в состав дистрибутива Scientific Linux и чаще всего устанавливаются по умолчанию.

Клиентам же необходимо использовать любой браузер, поддерживающий технологию WebSockets. Список таких браузеров присутствует на странице авторизации системы.

Общие принципы работы

Рассмотрим непосредственно интерфейс. Для авторизации используются данные учетных записей пользователей МВС. Администратору доступна возможность использовать данные NIS или данные локальных учетных записей. Если пользователь принадлежит нескольким группам, ему предоставляется возможность выбрать необходимую группу. При использовании разных

групп пользователю могут предоставляться разные возможности.

После авторизации пользователь попадает на главную страницу системы CIDE. Данная страница представлена в виде рабочего стола. Общий вид системы представлен на рис. 1. Механизмы взаимодействия пользователя с интерфейсом схожи с механизмами, реализованными в рабочих столах операционных систем семейства Windows (2000, NT, XP, Vista, Seven).

Организация работы рабочего стола и управляющего меню является основополагающей в системе Cluster Desktop Environment (CIDE). Добавление в интерфейс новых модулей не отображается на внутренней структуре ядра интерфейса. Механизмы настроек рабочего стола и взаимодействия с ним для всех пользователей одинаковы и не зависят от прав доступа.

Доступ к модулям интерфейса может осуществляться с помощью иконок, расположенных на рабочем столе, с помощью управляющего меню или панели быстрого запуска.

Каждый модуль представлен в виде отдельно отображаемого окна. Одновременно может быть запущено любое количество приложений. При запуске приложения на панели задач появляется его представление, которое позволяет обращаться к нему в любой момент.

Функциональные возможности интерфейса

Пользователями интерфейса становятся автоматически все пользователи, заведенные на МВС. Набор модулей и их функционал у каждого пользователя зависит от привилегий, выделенных ему администратором системы CIDE.



Рис. 2. Личные настройки
Fig. 2. Personal Settings



Рис. 3. Администрирование
Fig. 3. Administration

Возможности, доступные пользователям интерфейса:

- администрирование пользователей, групп;
- настройка на МВС даты, времени;
- выбор СУЗ и способа авторизации;
- постановка и мониторинг задач;
- доступ к графическому интерфейсу ОС МВС;
- мониторинг состояния компонент СПО МВС;
- предоставление структурированной вспомогательной информации;
- возможность изменения личных настроек;
- предоставление информации о свойствах МВС;
- доступ к OpenSTK.

Пользователи интерфейса имеют возможность настраивать внешний вид системы CLDE. Для этого используется модуль «Личные настройки» (рис. 2).

Пользователь имеет возможность настраивать:

- набор иконок, отображаемых на рабочем столе;
- набор приложений, которые будут автоматически запускаться при входе пользователя в систему CLDE;

- набор иконок, отображаемых на панели быстрого запуска;
 - набор диагностических пиктограмм, отображаемых на панели мониторинга;
 - графические свойства интерфейса: такие, как обои рабочего стола, цвет окон, цвет надписей, прозрачность панели задач и другие.
- Настроив и сохранив внешний вид системы CLDE, пользователь всегда будет получать удобный и привычный для него интерфейс.

Модуль «Помощь». В данном модуле представлено описание компактных суперЭВМ: АПК-1, АПК-1М, АПК-1МW, АПК-3. Отдельно описывается программное обеспечение, устанавливаемое на данные комплексы. Присутствует помощь для работы с интерфейсом и другая вспомогательная информация.

Структура информации представлена в виде дерева. Информация по каждому элементу открывается в новой вкладке.

В модуле реализован механизм поиска элементов по структуре дерева. Поиск происходит автоматически при наборе текста. Это позволяет ускорить доступ к элементам, которые находятся глубоко в структуре дерева. Модуль «Панель управления» (рис. 3).

С помощью данного модуля можно производить следующие действия:

- администрирование пользователей компактной суперЭВМ;
- администрирование групп пользователей компактной суперЭВМ;
- администрирование привилегий пользователей графического интерфейса;
- выбор средств авторизации пользователей графического интерфейса;
- настройку даты и времени на компактной суперЭВМ;
- выбор системы управления заданиями;
- настройку дерева для мониторинга СПО.

Пользователями интерфейса являются пользователи МВС. При добавлении, удалении или сопоставлении пользователей и групп в интерфейсе те же действия происходят и на МВС.

Хотелось бы отметить гибкость системы привилегий. Реализация позволяет выделять набор прав доступа в привилегию. Набор привилегий может назначаться как группе пользователей, так и конкретному пользователю. С интерфейсной точки зрения, система прав доступа также очень гибка. В результате чуть ли не на каждую кнопку можно повесить свое право.

В системе CLDE присутствует модуль мониторинга программных компонент компактной суперЭВМ. На данный момент реализована проверка следующих компонент:

- сетевая подсистема (ethernet, infiniband);
- подсистема хранения (lustre, загрузка директорий, программный raid);
- службы (nis, ntp,ftp).

Общее состояние всех программных компонент, присутствующих в мониторинге, представлено в виде пиктограммы, которая обновляется автоматически, на панели мониторинга (правый нижний угол). На данную панель можно выносить пиктограммы из любого количества модулей мониторинга или других модулей, имеющих понятие состояния. Пользователь же имеет возможность выбирать пиктограммы каких модулей ему отображать на панели мониторинга.

В интерфейсе реализована возможность выполнять системные и пользовательские команды на компактной суперЭВМ. Для этого используется модуль «VNC» (рис. 4).

С помощью данного модуля предоставляется удаленный доступ к ОС одного из узлов МВС. По ssh или rsh можно попасть на любой узел. Данный модуль позволяет не устанавливать сторонних приложений для взаимодействия с компактной суперЭВМ.

В интерфейс интегрирована система исследования эффективности параллельных приложений OpenSTK (рис. 5). Интерфейс предоставляет OpenSTK информацию о пользователях и их правах доступа.

Общую структуру МВС можно посмотреть в модуле «Свойства МВС». С помощью данного модуля можно узнать конфигурацию любого узла или же получить показатели всего МВС в целом.

Заключение

Пользовательская графическая среда многопроцессорной вычислительной системы Cluster Desktop Environment позволяет пользователям и администраторам выполнять базовые задачи без использования консоли и сторонних приложений.

Данное приложение предоставляет администратору и пользователю КС-ЭВМ широкий спектр возможностей и удобные средства по работе с КС-ЭВМ, благодаря реализованным графическим компонентам и встроенному терминалу VNC-сервера.

Система CLDE находится в стадии активного развития, постоянно дополняется новыми возможностями и функционалом. В частности планируется интеграция интерфейса с системой «СПРУТ» (система автоматизированной установки и настройки ПО на МВС), интеграция с системой автоматического тестирования МВС и реализация менеджера, связывающего локальное файловое пространство пользователя и МВС.

Графический интерфейс входит в штатный набор БСППО компактных суперЭВМ, однако, благодаря универсальному подходу к разработке всех программных компонент, данное приложение можно устанавливать практически на любую МВС под управлением ОС Linux.

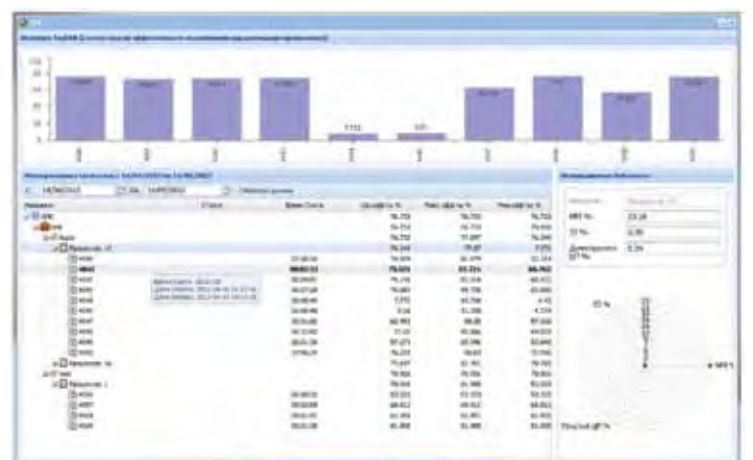
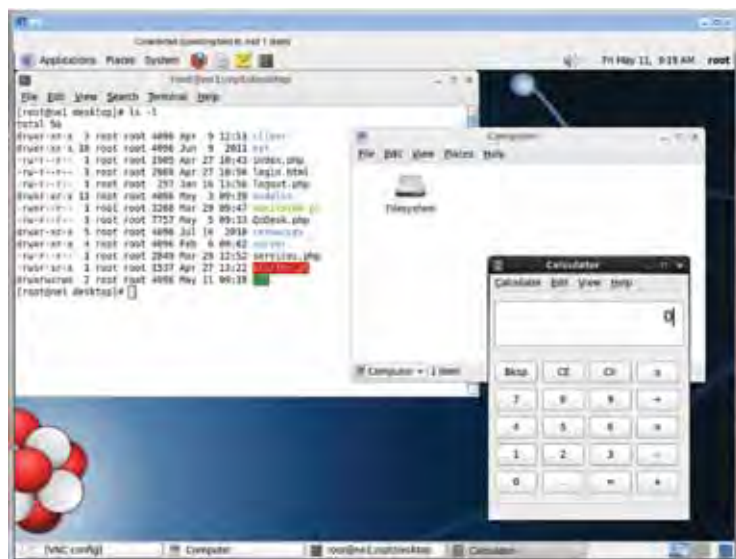


Рис. 4. VNC-клиент / Fig. 4. VNC-Client

Рис. 5. OpenSTK / Fig. 5. OpenSTK

Cluster Desktop Environment – a Multiprocessor Computing System User Graphical Environment

A. Yermoshkin, A. Chayka, A. Petrik, D. Novayev, Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics (RFNC – VNIIEF), Sarov

In 2009 in VNIIEF development of both general-purpose and specialized (hybrid) compact super computers (KS-computer) was started. KS-computers are desktop teraflops supercomputers intended to become an everyday tool of researchers, designers and process engineers. The basic operating system (OS) for KS-computers is the open code Scientific Linux, which is compatible to one of the most widespread distribution kits of Linux RedHat. It provides effective use of computing resources of KS-computers in a multitask and multi-user mode. KS-computer software is intended for creation of a parallel computing environment providing development, debugging and performance of serial and parallel applications, tasks and resources control, access control and data storage, monitoring of hardware-software components, collection and processing of data on use of computing resources and parallel applications performance, visualization and graphic data analysis for mathematical modeling.

Currently, the OS installed on the KS-computer includes graphic interfaces providing various capabilities for work with multiprocessor computing systems (MCS). These interfaces have essential shortcomings. Their main fault is that there is no interface for solution of a specific set of tasks and interaction with MCS in a complex. There are only solutions for work with separate system units. The existing interfaces also require significant computational capabilities of MCS and LAN resources.

The developed interface is intended to integrate the Basic Standard Software Package (BSSP) developed by VNIIEF into a unified graphic framework that will help reduce costs of KS-computer software maintenance after delivery to end-user and maintenance of normal performance of the computer as of a single whole structure. It will also allow reconfiguring of the system or change of system software, facilitate use of the main capabilities of the KS-computer (performance of parallel tasks, user and groups' accounts management, adjustment of system services, etc.).

In fact, the software product allows starting to use the KS-computer immediately after its putting into operation without having to wait for completion of full personnel training. It also facilitates work operation for users, making it unnecessary for them to use console terminals and provides in electronic form structured aid for work with software components of BSSP, which are parts of the KS-computer software.

The implemented interface does not load the graphic subsystem of the KS-computer thanks to use of corresponding WEB technologies and also because the graphical environment is calculated on the side of the client, that is by a remote computer that gets access to the KS-computer via LAN.

Application is written in PHP, Perl, ExtJS, JavaScript (ExtJS – framework written in JavaScript and intended for creation of graphic applications in web environments).

Apache is used as the web server, and MySQL is used as the DBMS. For remote work with graphics of the operating system installed on a system unit a VNC-server is used. All the abovementioned software are included into Scientific Linux distribution kit and most often are installed by default.

Clients only have to use any browser supporting WebSockets technology. The list of such browsers is shown on the system authorization page.

General Principles of Operation

Let look at the interface. The data of MCS user accounts are used for authorization. Operator can use NIS data or data from local accounts. If the user belongs to several groups, he/she can select the necessary group. Using different groups provides different capabilities to the user.

After authorization, the user gets to the main CIDE system page. This page has the form of a desktop. The general view is shown in fig. 1. User-interface interaction mechanisms are similar to the mechanisms implemented in Windows desktops (2000, NT, XP, Vista, Seven).

The organization of desktop and control menu operation is fundamental for Cluster Desktop Environment (CIDE). Adding of new modules to the interface is not displayed on the inner structure of the interface core. The mechanisms of desktop adjustment and interaction are identical for all users and do not depend on access rights.

Access to interface modules can be by means of icons located on the desktop, by means of the control menu or Quick Launch Panel.

Each unit is shown as a separate window. Any number of applications can be started simultaneously. After start of an application it's represented on the task bar that allows using it at any moment.

Interface Functional Capabilities

All MCS users automatically become users of the interface. Set of units and their functionality for each user depends on the rights provided by CIDE administrator.

The capabilities accessible to users of the interface:

- administration of users, groups;
- date, time setting for MCS;
- selection of CPS and authorization method;
- setting and monitoring of tasks;
- access to the graphic interface of MCS;
- MCS components status monitoring;
- provision of structured auxiliary data;
- Personal Settings adjustment;
- information on MCS properties;
- access to OpenSTK.

Users of the interface can adjust representation of CIDE. Personal Settings module (fig. 2) is used for this purpose.

User can change:

- set of icons displayed on the desktop;
- set of applications which will be started automatically when once the user has logged into CLDE;
- set of icons displayed on the Quick Start Panel;
- set of diagnostic icons displayed on the dashboard;
- graphic properties of the interface: such as desktop wall-paper, color of windows, color of inscriptions, transparency of the task bar and other.

Having adjusted and saved the representation of CLDE the user will always be provided with a convenient and familiar interface.

Help module. This module contains a description of compact super computers: АПК-1, АПК-1М, АПК-1МW, АПК-3. There is also a separate description of software installed on them. There is help for work with the interface and other auxiliary information.

The information structure has the form of a tree. Information on each element is opened in a new tab.

The module uses a search engine. Search is automatic by text entering. It accelerates access to elements which are located deep inside the tree structure.

Control Panel module (fig. 3).

Using this module one can do the following:

- administration of users of the compact super computer;

- administration of user groups of the compact super computer;
- administration of rights of graphic interface users;
- selection of graphic interface users authorization means;
- setting of date and time on the compact super computer;
- task management system selection;
- adjustment of the tree for system software monitoring.

Users of the interface are MCS users. Adding, deletion or comparison of users and groups in the interface the same actions take place in MCS.

The flexibility of the system of privileges is noteworthy. Implementation allows selection of the set of rights to get access to a privilege. A certain set of privileges can be assigned both to a group of users or specific user. From the point of view of interface the access rights system is also very flexible. As a result, almost every button can have a separate right.

CIDE contains a module for monitoring of software components of a compact super computer. Check of the following components has been implemented so far:

- network subsystem (ethernet, infiniband);
- storage subsystem (lustre, directories loading, software raid);
- services (nis, ntp, ftp).

The general status of all software components included into monitoring is presented in the form of an icon which is updated automatically on the dashboard (the right bottom corner). The dashboard can show icons from any amount of monitoring modules or other modules that can have a status. The user can select icons of what modules to show on the dashboard.

The interface uses the capability to execute system and user commands. A VNC module (fig. 4) is used for this purpose.

By means of this module remote access can be provided to OS of one of MCS units. Ssh or rsh can be used to get to any unit. This module helps to avoid installing third-party applications for interaction with a compact super computer.

OpenSTK is integrated into the interface (fig. 5). The interface provides OpenSTK with the information on users and their access rights.

The general structure of MCS can be looked up in MCS Properties module. This module contains information on configuration of every system unit and general MCS status.

Conclusion

Cluster Desktop Environment is a MCS user graphic environment that allows carrying out of basic tasks by users and administrators without a console or 3-rd party applications.

This software provides a wide range of capabilities and convenient operation tools thanks to the implemented graphic components and a VNC-server built-in terminal.

Currently CIDE is at the stage of active development. New capabilities and functionalities are constantly added. The following updates are planned for the nearest future: integration of the interface into OCTOPUS (automated MCS software installation and adjustment system), integration into the MCS automatic testing system and implementation of a manager connecting the user local file space and MCS.

The graphic interface is included into the standard package of BSSP of compact super computers. However, thanks to the versatile approach to development of all software components, the software can be installed practically on any MCS under OS Linux.

Исследование влияния параметров технологического процесса плазмоактивируемого осаждения на качество слоев нелегированного диоксида кремния различной толщины

**Н.С. Козлова, А.О. Шишкин
ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седякова»**

В технологии изготовления сверхбольших интегральных схем (СБИС) нелегированный диоксид кремния, полученный в процессе химического осаждения из газовой фазы из тетраэтоксисилана, применяется в качестве изолирующего материала в составе многослойных пленок межуровневого диэлектрика.

В настоящее время при изготовлении радиационноустойчивых микросхем в МВЦ РС ЭКБ первой стадией формирования межуровневого диэлектрика является осаждение пленок нелегированного диоксида кремния при субатмосферном давлении толщиной $\approx 10000 \text{ \AA}$, высокие механические напряжения которых могут вызвать растрескивание диэлектрика, что приведет к отказу схемы.

Для решения указанной проблемы необходимо перед осаждением диэлектрика при субатмосферном давлении формировать тонкий ($\approx 2000 \text{ \AA}$) слой диоксида кремния, осажденного в плазмоактивируемом процессе и для которого характерны низкие значения механических напряжений. В связи с этим разработка технологического процесса плазмоактивируемого осаждения пленок нелегированного диоксида кремния толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$ с наилучшими выходными характеристиками является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является разработка технологического процесса плазмоактивируемого осаждения пленок нелегированного диоксида кремния толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$ для формирования межуровневой изоляции.

Экспериментальная часть настоящей работы выполнялась на установке осаждения диэлектриков, в реакторе с холодной стенкой и плоскопараллельными электродами, на пластинах объемного кремния р-типа ориентации $\langle 100 \rangle$, диаметром 150 мм.

В настоящей работе разработан технологический процесс плазмоактивируемого осаждения нелегированного диоксида кремния толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$, который входит в состав многослойных пленок межуровневого диэлектрика системы металлизации СБИС с проектными нормами 0,35 мкм. В работе исследовано влияние параметров технологического процесса плазмоактивируемого осаждения на качество слоев нелегированного диоксида кремния различной толщины.

В результате исследований было установлено, что для уменьшения неравномерности пленок толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$ необходимо проводить процесс осаждения в условиях недостатка окислителя (кислорода). Для пленок толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$, осажденных при недостатке окислителя, значение неравномерности, по сравнению с пленками, осажденными при нормальном расходе окислителя, уменьшилось на $\approx 12 \%$ и составило $\approx 1,9 \%$. Коэффициент преломления пленок составил $\approx 1,46$.

ИК-Фурье спектральный анализ позволил установить, что при уменьшении толщины плотность пленок уменьшается, о чем свидетельствует различие в оцененном стехиометрическом составе пленок. Пленки толщиной $\approx 10000 \text{ \AA}$ характеризуются стехиометрическим составом $\text{SiO}_{1,98}$, в то время как стехиометрический состав пленок толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$ составляет $\text{SiO}_{1,8}$. Возможность использования настоящего метода

для анализа плотности пленок доказана результатами исследования скоростей жидкостного химического травления пленок нелегированного диоксида кремния различной толщины.

Для увеличения поверхностной плотности пленок толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$, осажденных в процессе с недостатком окислителя, разработан режим плазменного уплотнения пленок аргоном. В результате уплотнения пленок толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$ произошло смещение пика валентных колебаний Si-O-Si, что косвенно свидетельствует об увеличении плотности пленок ($\text{SiO}_{1,88}$). После уплотнения неравномерность пленок по толщине и коэффициент преломления практически не изменились.

В настоящей работе выдвинуто предположение, что увеличение высоты пика произошло из-за образования дополнительных связей Si-O-Si и, как следствие, уплотнения структуры. В связи с тем, что при уплотнении не участвовали реакционные газы, образование дополнительных связей Si-O-Si может быть вызвано вскрытием пор на поверхности пленки ионами аргона и плазменной стимуляцией к объединению оборванных связей внутри микропустот между собой.

Таким образом, исследования, проведенные в настоящей работе, направлены на модернизацию технологического процесса формирования тонких слоев ($\approx 2000 \text{ \AA}$) межуровневого диэлектрика. Достигнутые результаты позволяют получать пленки толщиной $\approx 2000 \text{ \AA}$, характеризующиеся высокой плотностью, равномерностью по толщине, коэффициентом преломления в диапазоне $1,46 \pm 0,01$ с целью повышения надежности при изготовлении радиационно-стойких микросхем.

Investigation into Impact of Plasma-Activated Deposition on Quality of Plain Silicon Dioxide Layers of Various Thickness

N. Kozlova, A. Shishkin, Research Institute of Measuring Systems named after Yu. Sedakov

In production of very large integration circuits (VLIC) plain silicon dioxide extracted from tetraethoxysilane in the gas-phase is used as an insulator in multilayer films of interlevel dielectric material.

In production of radiation-resistant microcircuits by Interagency Center for Development and Production of Radiation-Resistant Hardware Components the first stage is deposition of plain silicon dioxide films with thickness of $\approx 10,000 \text{ \AA}$ at subatmospheric pressure. High mechanical strain can cause cracking of the dielectric and the system breakdown.

To solve the problem it is required, prior to dielectric deposition at subatmospheric pressure, to form a thin ($\approx 2,000 \text{ \AA}$) layer of silicon dioxide with low mechanical strain deposited through plasma-activated process. Thus, it is an important task to develop technology of plasma-activated deposition of plain silicon dioxide films with thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ and the best parameters.

The goal of the research is to develop technology of plasma-activated deposition of plain silicon dioxide films with thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ to be used in interlevel insulation.

Experiments were made with the use of a

dielectric deposition apparatus, in a reactor with the cold wall and plane-parallel electrodes, on p-type bulk silicon plates of orientation $\langle 100 \rangle$, diameter 150 mm.

We have developed a technology of plasma-activated deposition of plain silicon dioxide with thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ that is contained in multilayer films of VLIC metallization system interlevel dielectric with the design rule of 0.35 μm . We investigated into the impact of plasma-activated deposition on the quality of plain silicon dioxide layers of various thickness.

It was found that the lack of oxidizer (oxygen) is required to decrease the nonuniformity of films with the thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$. In the films received in the conditions of the lack of oxidizer nonuniformity decreased by $\approx 12 \%$ as compared with the films received in the normal conditions, and was $\approx 1,9 \%$. The film refraction coefficient is $\approx 1,46$.

Fourier-transform IR spectroscopy showed that the density of films decreases with the decrease of their thickness, which is proved by the difference in the film stoichiometry. Stoichiometry of films with the thickness of $\approx 10000 \text{ \AA}$ is $\text{SiO}_{1,98}$ while that of the films with the thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ is $\text{SiO}_{1,8}$. The availability of this method in the analysis of the film density is proved by the results

of the analysis of chemical etching of plain silicon dioxide films of various thickness.

In order to increase the area density of films with the thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ deposited in the conditions of the lack of oxidizer, we have developed the technology of film plasmatic densification with argon. Densification of films with the thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ resulted in a shift of the valence vibration peak Si-O-Si, which is an indirect indication to an increase of the films density ($\text{SiO}_{1,88}$). After the densification, the thickness nonuniformity and the refraction coefficient did not change.

We put forward the hypothesis that the height of the peak increased due to additional ties Si-O-Si and the structure densification caused by it. As reaction gases were absent in the densification process, additional ties Si-O-Si could be caused by opening of film surface vesicles by argon ions and by plasma stimulation of unification of destroyed ties in the micropores.

Thus, the present research is aimed at modernization of the technology of formation thin layers ($\approx 2,000 \text{ \AA}$) of interlevel dielectric. It allows to produce films with thickness of $\approx 2,000 \text{ \AA}$ that are characterized by high density, thickness uniformity, refraction coefficient of $1,46 \pm 0,01$. The films will help increase reliability of radiation-resistant circuits.

Генерация водорода при осушении бассейна выдержки в ходе развития тяжелой аварии на Балаковской АЭС

М.А. Будаев, А.Д. Васильев, Ю.А. Звонарев, А.В. Конобеев, В.В. Меркулов, НИЦ «Курчатовский институт»

Введение

Авария на японской АЭС «Фукусима» показала, что при рассмотрении возможных сценариев развития запроектной аварии (ЗПА) на АЭС необходим анализ маловероятных сценариев, в том числе, с длительным обесточиванием. При развитии такого сценария за относительно короткое время происходит осушение бассейна выдержки (БВ) отработавшего топлива АЭС. Потеря уровня в БВ, содержащего значительное количество тепловыделяющих сборок (ТВС), может вызвать их разогрев и плавление, что, в свою очередь, может привести к тяжелым радиационным последствиям.

Постановка задачи

Целью данной работы являлось расчетное исследование поведения БВ энергоблока №1 Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000/В-320 при тяжелой аварии с длительным обесточиванием.

В России для детерминистического анализа тяжёлых аварий в конце 90-х годов был разработан расчётный код (РК) улучшенной оценки СОКРАТ. Этот код предназначен для комплексного численного моделирования динамики процессов, происходящих в реакторных установках (РУ) типа ВВЭР при тяжелых ЗПА с потерей теплоносителя, в том числе, с плавлением топлива. Широкий набор теплогидравлических и физико-химических моделей комплекса СОКРАТ позволяет моделировать поведение БВ при тяжелой аварии с длительным обесточиванием, приводящим к нарушению охлаждения БВ. Все модели ключевых процессов верифицированы с использованием большой экспериментальной базы, включая эксперименты на интегральных установках и эксперименты по отдельным явлениям. Версия СОКРАТ/В1 аттестована Ростехнадзором в 2010 году сроком на 10 лет.

В расчетах, выполненных в рамках данной работы, исследовалась динамика разогрева и выкипания воды из БВ, динамика разогрева и плавления ТВС в БВ и генерация водорода за счет окисления циркония ТВС и металлических конструкций БВ. Расчеты проводились для различных значений мощности остаточного тепловыделения отработавших ТВС.

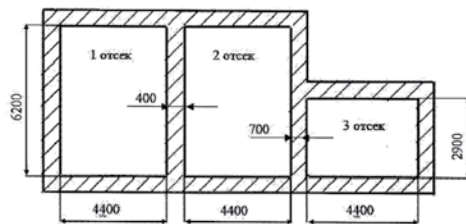


Рис. 1. Схема бассейна выдержки
Fig. 1. The cooling pond plan

В работе рассматривался БВ энергоблока №1 Балаковской АЭС (рис. 1). Он состоит из трех отсеков. Разделение на три кассетных отсека позволяет проводить ремонтные работы в одном из них с размещением кассет в двух других. В кассетных отсеках располагаются стеллажи для одноярусного хранения ОТВС. Ячейки стеллажей, представляющие собой шестигранную трубу, размещаются в вершинах равностороннего треугольника. Суммарная вместимость БВ равна 613 ТВС – 563 ячейки под ТВС и 50 ячеек под пеналы.

В работе был проведен анализ трех вариантов загрузки БВ: вариант 1 – суммарная тепловая мощность ТВС, хранящихся в БВ, равна 3,6 МВт; вариант 2 – аварийная выгрузка, суммарная тепловая мощность ТВС, хранящихся в третьем отсеке БВ, равна 11,0 МВт; вариант 3 – аварийная выгрузка, суммарная тепловая мощность ТВС, хранящихся в БВ, равна 16,5 МВт. Вариант 2 соответствует случаю аварийной выгрузки в начале кампании. Для данного варианта рассчитывался не весь БВ, а только третий отсек (первый и второй отсеки не рассматривались), т. к. согласно действующим правилам в случае аварийной выгрузки значительная часть активной зоны реактора (110 ТВС из 163) выгружается в третий отсек. Поэтому во время аварии с длительным обесточиванием осушение третьего отсека произойдет быстрее всего. Вариант 3 соответствует случаю аварийной выгрузки активной зоны реактора в БВ, когда распределение свежих ТВС по отсекам БВ приблизительно пропорционально емкости отсеков. В расчетах задавались следующие начальные условия: температура воды в БВ составляла – 60°C; первоначальный уровень воды – 8,13 м; уровень верха обогреваемой части ТВС – 5,31 м.

Результаты

На рис. 2 представлены результаты расчетов изменения уровней воды для каждого

отсека БВ для первого варианта загрузки БВ, когда суммарная тепловая мощность ТВС в БВ составляла 3,6 МВт.

Из рис. 2 видно, что осушение БВ условно можно разделить на три фазы: фаза нагревания воды в БВ до температуры насыщения ($0 \div 50000$ с или 13,8 ч с момента обесточивания); фаза выкипания воды и понижения уровня до верха топливной части твэлов ($(50 \div 179) \cdot 10^3$ с или 13,8 ÷ 49,7 ч); фаза осушения ТВС ($(179 \div 530) \cdot 10^3$ с или 49,7 ÷ 147,2 ч).

Начало генерации водорода (рис. 3) соответствует моменту времени 210000 с или 57,3 ч с момента обесточивания. Значительный интерес представляет скорость генерации водорода. Из графика видно, что большая часть водорода (около 2750 кг) генерируется в интервале времени $\sim (210 \div 900) \cdot 10^3$ с. Средняя скорость генерации водорода в этом интервале времени была равна ~ 4 г/с. Полная масса водорода из трех отсеков БВ составила 2974 кг, что значительно превышает массу водорода, вышедшего из реактора в ходе развития подобной аварии. Масса водорода, образовавшегося за счет окисления стальных конструкций, составила 1469 кг, т. е. $\approx 50\%$ от общего количества образовавшегося водорода.

На рис. 4 представлены результаты расчета изменения уровня воды для второго варианта загрузки БВ: в третий отсек выгружается 110 свежих ТВС с суммарной тепловой мощностью 11,0 МВт. Выкипание воды в третьем отсеке начинается всего через ~ 2450 с (0,68 ч), а оголение ТВС происходит примерно через 11 тысяч секунд (~ 3 часа) с момента обесточивания.

Как видно из рис. 5, на котором представлены результаты расчета изменения массы водорода, генерация водорода начинается всего через 16500 с или 4,6 ч с момента обесточивания. Значительная часть водорода из третьего отсека (~ 600 кг) выделяется в интервале времени $(18 \div 30) \cdot 10^3$ секунд. Таким образом, скорость генерации водорода в этом временном интервале составила 50 г/с.

На рис. 6-7 представлены результаты расчета для третьего варианта загрузки БВ, когда при аварийной выгрузке ТВС из активной зоны размещаются по отсекам БВ пропорционально их объему. Суммарная мощность ТВС, размещенных в БВ, составила 16,5 МВт.

Из рис. 6 видно, что выкипание воды в БВ начинается через 10300 с или 2,8 ч,

Таблица 1. Число ТВС различной выдержки по отсекам для 3 вариантов загрузки

Время выдержки ТВС, г	Отсек 1		Отсек 2		Отсек 3		
	1	3	1	3	1	2	3
Вариант загрузки БВ							
3 сут	36	65	36	60	24	110	38
30 сут	36	10	36	4	24	0	3
0,8	16	16	13	13	23	0	23
2,2	60	60	0	0	5	0	5
3,6	30	30	30	30	0	0	0
4,7	2	2	4	4	0	0	0
5,8	1	1	0	0	0	0	0
10,2	1	1	0	0	0	0	0
Количество ТВС в отсеке	146	185	83	111	52	110	69
Суммарная тепловая мощность в отсеке, МВт	1,5	6,8	1,3	5,9	0,91	11	3,8

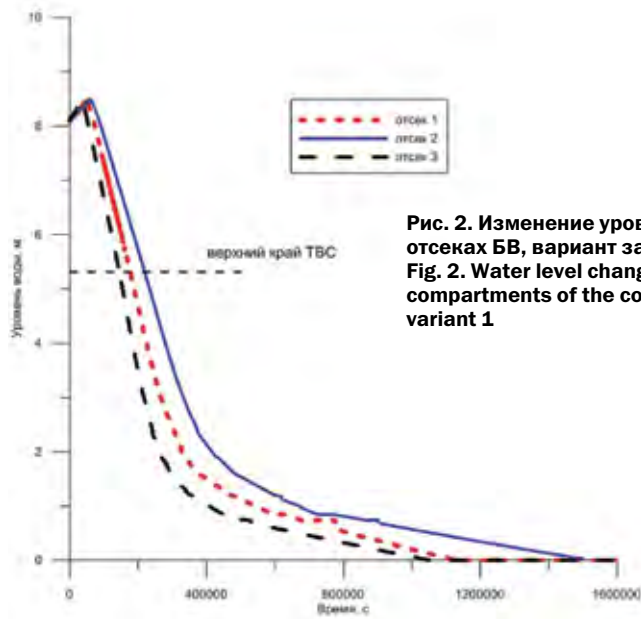


Рис. 2. Изменение уровня воды в отсеках БВ, вариант загрузки № 1
Fig. 2. Water level change in compartments of the cooling pond, variant 1

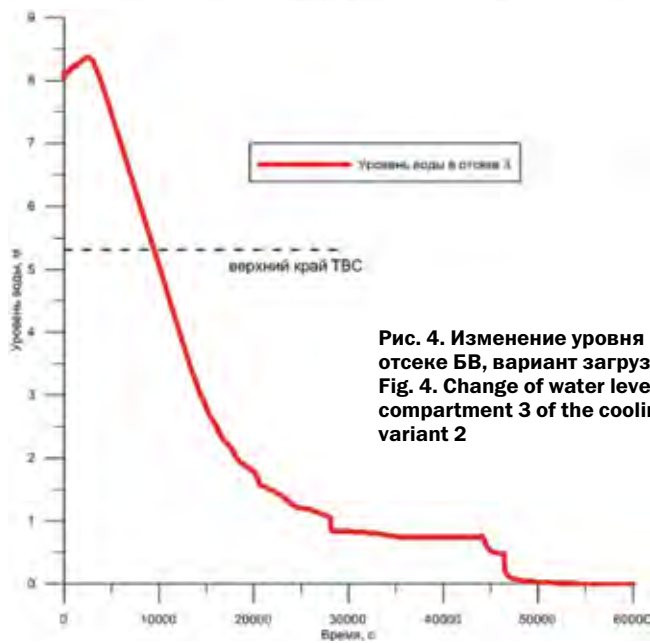


Рис. 4. Изменение уровня воды в 3-ем отсеке БВ, вариант загрузки № 2
Fig. 4. Change of water level in compartment 3 of the cooling pond, variant 2

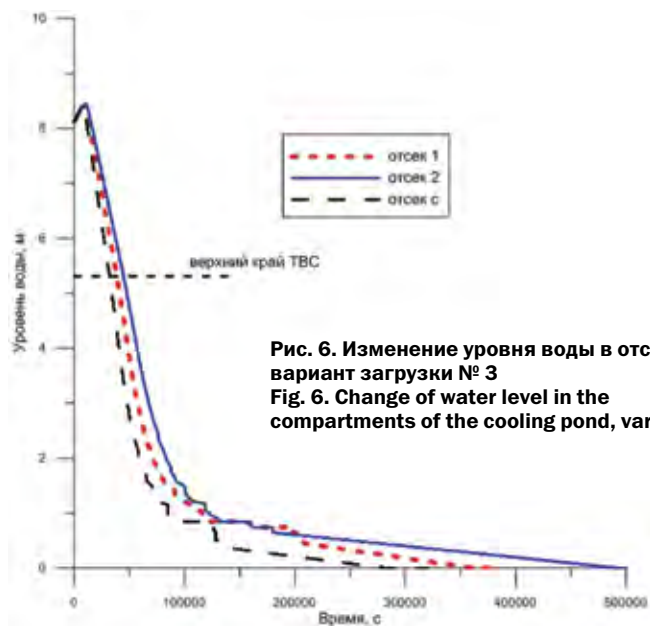


Рис. 6. Изменение уровня воды в отсеках БВ, вариант загрузки № 3
Fig. 6. Change of water level in the compartments of the cooling pond, variant 3

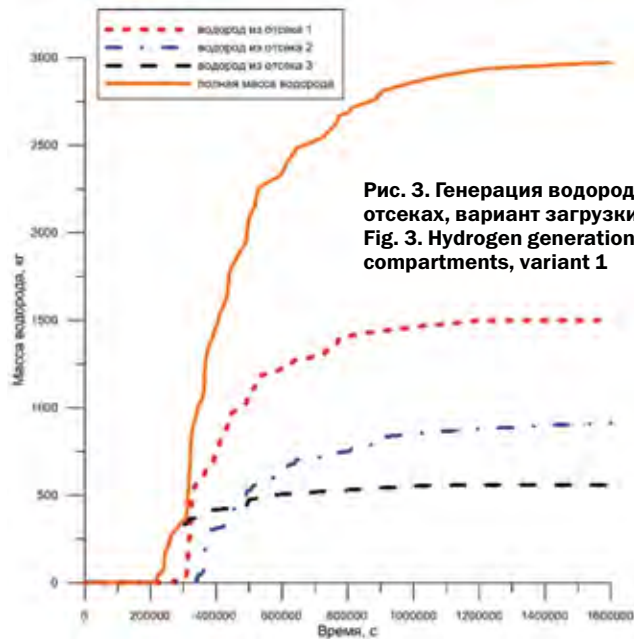


Рис. 3. Генерация водорода в отсеках, вариант загрузки № 1
Fig. 3. Hydrogen generation in compartments, variant 1

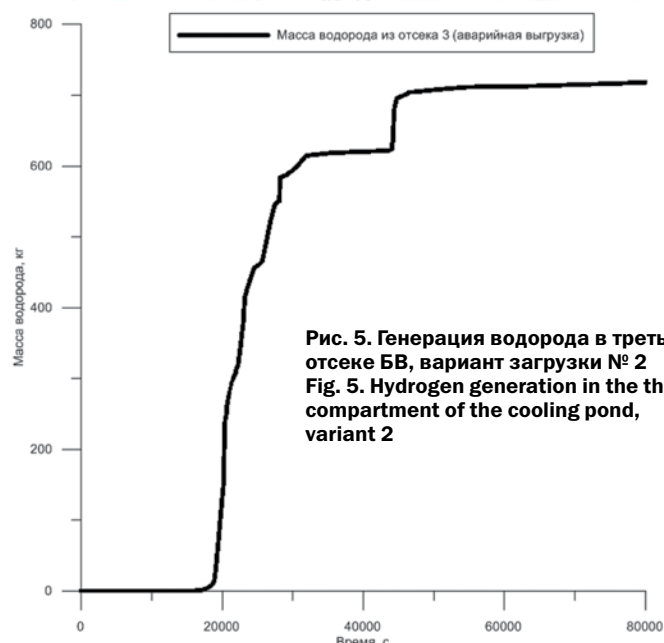


Рис. 5. Генерация водорода в третьем отсеке БВ, вариант загрузки № 2
Fig. 5. Hydrogen generation in the third compartment of the cooling pond, variant 2

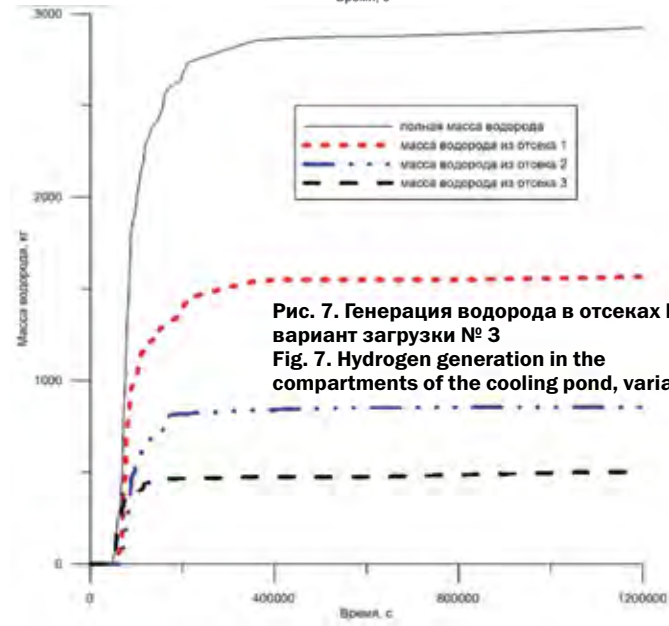


Рис. 7. Генерация водорода в отсеках БВ, вариант загрузки № 3
Fig. 7. Hydrogen generation in the compartments of the cooling pond, variant 3

оголение ТВС происходит через 29400 с или 8,2 ч. Генерация водорода начинается через 46700 с или 13 часов (рис. 7). Значительная часть водорода выделяется в интервале времени $(50 \div 200) \cdot 10^3$ с или 13,8 ÷ 55,5 ч. Таким образом, средняя скорость генерации водорода составила примерно 19 г/с. Масса водорода, выделившегося за счет окисления стальных конструкций, составила 890 кг или 31% от полной массы водорода.

Выводы

В работе представлены результаты расчетного анализа осушения бассейна выдержки энергоблока № 1 Балаковской АЭС в ходе аварии с длительным обесточиванием для трех различных вариантов загрузки бассейна: суммарные мощности ТВС составляли 3,6 МВт, 11,0 МВт и 16,5 МВт (для случая аварийной выгрузки).

Показано, что в случае длительного обесточивания АЭС количество водорода, выде-

лившегося за счет окисления ТВС в БВ, может в 2-3 раза превышать количество водорода, вышедшего из реактора, что представляет собой серьезную угрозу безопасности АЭС. Полученные результаты подтверждают целесообразность реализуемых ОАО «Концерн Росэнергоатом» мер по оснащению АЭС дополнительным противоаварийным оборудованием.

Hydrogen generation as a result of cooling pond dewatering in case of development of a severe accident at the Balakovo Nuclear Power Plant

M. Budayev, A. Vasiliyev, Y. Zvonaryov, A. Konobeyev, V. Merkulov
National Research Center «Kurchatov Institute»

Introduction

The Fukushima nuclear calamity showed that analysis of possible beyond design basis accident scenarios for a nuclear power plant must encompass improbable cases including long-term blackouts. In such cases within a short time the cooling pond of a nuclear plant is dewatered. Loss of level in a cooling pond containing a significant amount of fuel assemblies can cause heating up and melting of the fuel assemblies, which in turn can lead to severe radiation aftereffects.

Problem Definition

The purpose of this work has been to analyze the behavior of the cooling pond of Uni1 No. 1 at the Balakovo Nuclear Power Plant with a VVER-1000/B-320 reactor in case of a severe accident with a long-term blackout.

In the late 1990s in Russia the software code SOCRAT was developed for deterministic analysis of severe accidents. This code is intended for complex computational modelling of dynamics of the processes occurring in VVER reactor systems in case of a severe beyond design accident with loss of coolant including fuel melting. A wide range of thermohydraulic and physicochemical models of SOCRAT allows modelling of cooling pond behavior for accidents with long-term blackouts causing disruption of pond cooling. All models of key processes are verified using a large experimental base including data on integral systems and separate phenomena. SOCRAT/B1 was certified by Rostekhnadzor in 2010 for validity period of 10 years.

This work includes calculation of the dynamics of cooling pond water heating and boil-off, heating and melting of fuel assemblies and generation of hydrogen due to zirconium oxidizing in fuel assemblies and oxidizing of steel structures of the cooling pond. The calculations were done for various afterheat outputs of spent fuel assemblies.

The work considers the cooling pond of unit 1 of the Balakovo Nuclear Power Plant (fig. 1). The unit consists of three compartments. The division into three fuel assembly compartments allows repair in one of them while the two others accommodate fuel assemblies. The fuel assembly compartments contain single-deck storage racks. The racks comprise hexagonal pipe cells placed at the vertexes of an equilateral triangle. The total capacity of the cooling pond is 613 fuel assemblies - 563 cells for fuel assemblies and 50 cells for canisters.

Three variants of cooling pond loading were analyzed: variant 1 – the total heat rating of fuel assemblies stored in the cooling pond is 3.6 megawatt; variant 2 - emergency unloading, the total heat rating of fuel assemblies stored in the third compartment of the cooling pond is 11.0 megawatt; variant 3 - emergency unloading, the total heat rating of the fuel assemblies stored in the cooling pond is 16.5 megawatt. Variant 2 corresponds to emergency unloading at the beginning of a run. For this variant calculation was done not for the whole of the cooling pond, but only for the third compartment (first and second not considered) since according

to the current rules in case of an emergency unloading a considerable proportion the core (110 fuel assemblies of 163) is unloaded into the third compartment. Therefore, during lengthy blackouts dewatering of the third compartment will be the quickest. Variant 3 corresponds to emergency unloading of the core into the cooling pond when allocation of fresh fuel assemblies to cooling pond compartments is approximately proportionate to the capacity of the compartments. The following initial conditions were taken into account: water temperature in the cooling pond – 60°C; initial water level – 8,13 m; fuel assembly heated top level – 5,31 m.

Results

Fig. 2 shows the results of water level change analysis for each compartment of the cooling pond for variant 1 when the total heat rating of fuel assemblies is 3.6 megawatt.

Fig. 2 shows that dewatering of the cooling pond can be divided into three phases: water heating to saturation temperature (0450000 sec or 13.8 h after blackout); boil-off and water level decrease to the fuel part top of fuel elements ((504179) 10³ sec or 13.8449.7); dewatering of fuel assemblies ((1794530) 10³ sec or 49.74147.2).

The start of hydrogen generation (fig. 3) corresponds to 210000 sec or 57.3 h after blackout. Hydrogen generation speed is of great interest. The diagram shows that the greater part of the hydrogen (about 2750 kg) is generated within ~ (2104900) 10³ sec. The average speed of hydrogen generation during this time was ~ 4 g per sec. The total mass of hydrogen from the three compartments of the cooling pond amounted to 2974 kg. This value exceeds considerably the mass of the hydrogen that came out of the reactor during a similar accident. The mass of the hydrogen generated due to oxidizing of steel structures amounted to 1469 kg, i.e. ≈ 50 % of the total.

Fig. 4 shows results of water level change calculation for the second variant of cooling pond loading: 110 fresh fuel assemblies are loaded into the third compartment with a total heat rating of 11.0 megawatt. Boil-off in the third

compartment starts in only ~2450 sec (0.68 h), and dewatering of fuel assemblies occurs approximately in 11 thousand seconds (~3 hours) after blackout.

Fig. 5 shows the results of hydrogen mass change calculation. Hydrogen generation begins in only 16500 sec or 4.6 h after blackout. A considerable part of hydrogen from the third compartment (~600 kg) is generated in (18430)·10³ seconds. Thus, speed of hydrogen generation in this window of time is 50 g per sec.

Fig. 6-7 shows the results of calculation for the third variant when during emergency unloading the fuel assemblies from the core are placed into compartments of the cooling pond proportionately to their volume. The total capacity of fuel assemblies placed into the cooling pond was 16.5 megawatt.

Fig. 6 shows that water boil-off in the cooling pond starts in 10300 sec or 2.8 h, dewatering of fuel assemblies occurs in 29400 sec or 8.2 h. Hydrogen generation starts in 46700 sec or 13 hours (fig. 7). A considerable part of hydrogen is generated within (504200)·10³ sec or 13.8455.5 h. Thus, the average speed of hydrogen generation is approximately 19 g/sec. The mass of the hydrogen generated due to oxidizing of steel structures is 890 kg or 31 % of the total hydrogen mass.

Conclusions

The work contains the results of analysis of unit 1 cooling pond dewatering scenarios at the Balakovo Nuclear Power Plant long-term blackouts for three variants of loading: the total fuel assemblies capacities are 3.6, 11.0 and 16.5 megawatt (emergency unloading).

It was found that in case of a long-term blackout at the nuclear power plant the amount of hydrogen generated by oxidizing of fuel assemblies in the cooling pond can be 2-3 times as large as the amount of hydrogen coming out of the reactor which is a serious threat to the safety of the nuclear power plant. The received results confirm the expediency of the measures implemented by Rosenergoatom to fit nuclear power plants with additional emergency equipment.

Table 1. Number of fuel assemblies with various storage time by compartments for 3 loading variants

Cooling time	Compartment 1		Compartment 2		Compartment 3		
	1	3	1	3	1	2	3
3 days	36	65	36	60	24	110	38
30 days	36	10	36	4	24	0	3
0.8	16	16	13	13	23	0	23
2.2	60	60	0	0	5	0	5
3.6	30	30	30	30	0	0	0
4.7	2	2	4	4	0	0	0
5.8	1	1	0	0	0	0	0
10.2	1	1	0	0	0	0	0
Number of fuel assemblies in a compartment	146	185	83	111	52	110	69
Total heat rating, megawatt	1.5	6.8	1.3	5.9	0.91	11	3.8

Контроль эксплуатационных характеристик токовых ионизационных камер в составе СУЗ реакторов типа РБМК-1000

В.В. Кузрин, Курская атомная станция – филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»

Введение

Доклад посвящен контролю эксплуатационных характеристик токовых ионизационных камер и исследованию стабильности во времени показаний самих камер и аппаратуры, обрабатывающей их сигналы.

Цель работы:

- выявление эксплуатационных дефектов разъемных соединений и первичной аппаратуры обработки сигналов токовых камер;
- выявление наступления момента предельного технического состояния подвески;
- контроль во времени выгорания радиатора подвесок для определения возможности их дальнейшей эксплуатации по истечении назначенного срока службы;
- прогнозирование отказов подвесок.

Основная часть

Ионизационная камера – газонаполненный ионизационный детектор для контроля плотности нейтронного потока, в котором электрическое поле используется для собирания зарядов, возникающих в чувствительном объеме под действием ионизирующего излучения (рис. 1).

Ионизационные камеры являются датчиками сигналов в системах контроля, управления и защиты ядерных реакторов.

Подвеска ионизационной камеры – конструктивный узел, фиксирующий положение камер в реакторе и защищающий ионизационную камеру и линию связи от воздействия внешней среды (влаги, паров кислот и т. д.), а также от электромагнитных наводок.

Программа-методика проверки подвесок ионизационных камер, эксплуатирующихся на реакторах РБМК-1000 (№ 82506М от 2009 г.) определяет следующие объемы проверок электрических характеристик подвесок:

- проверка сопротивления изоляции и электрической емкости;
- измерение наклона плато вольт-амперной характеристики;
- измерение относительного изменения чувствительности подвески к нейтронному потоку.

Недостатки данной программы заключаются в следующем:

- измерения проводятся только в ППР;
- при измерении относительной чувствительности подвески к нейтронному потоку берется средняя мощность, а не значение нейтронного потока, проходящего через данную подвеску ИК.

Основные причины, влияющие на отличие показаний БИК между собой и от средней мощности реактора:

- перестановка ТВС со значительным выгоранием топлива из центральных зон реактора на периферию ведет к тому, что ТВС, установленные в крайних рядах, имеют существенно меньшую мощность;



Рис. 1. Токовые камеры для регистрации нейтронов с компенсацией гамма-фона с твердым борным радиатором / Pic. 1. Current chambers used to register neutrons and compensate gamma background with a solid boron radiator

- разброс показаний камер, размещенных в различных каналах БИК по периметру активной зоны, качественно объясняется наличием азимутальной неравномерности мощностей ТВС крайних рядов активной зоны;
- БИК имеет относительно небольшой радиус чувствительности;

- разброс чувствительности отдельных БИК.

Данная работа предлагает постоянный мониторинг за электрическими и радиометрическими параметрами подвесок токовых ионизационных камер в составе КСКУЗ реакторов РБМК-1000 на основании показаний,

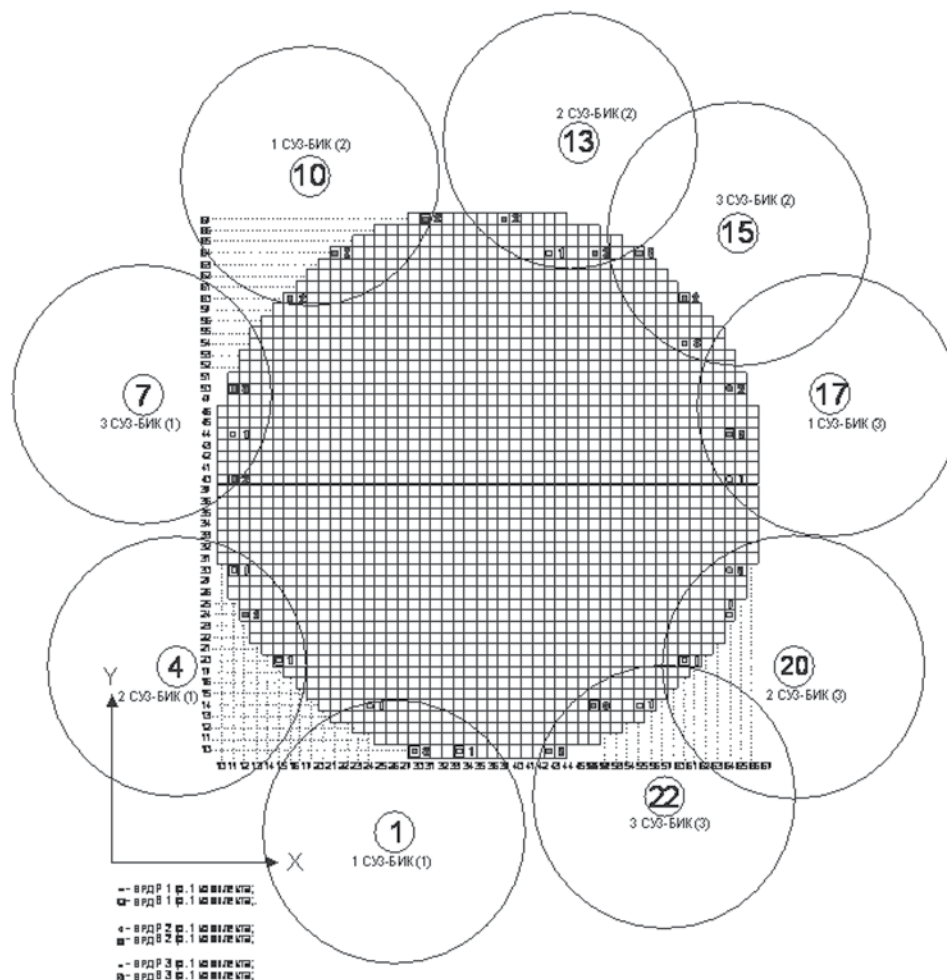


Рис. 2. Схема расположения датчиков БИК и окружающих их датчиков ВРД в реакторе / Pic.2. Layout of near IR sensors and surrounding VRD sensors in a reactor

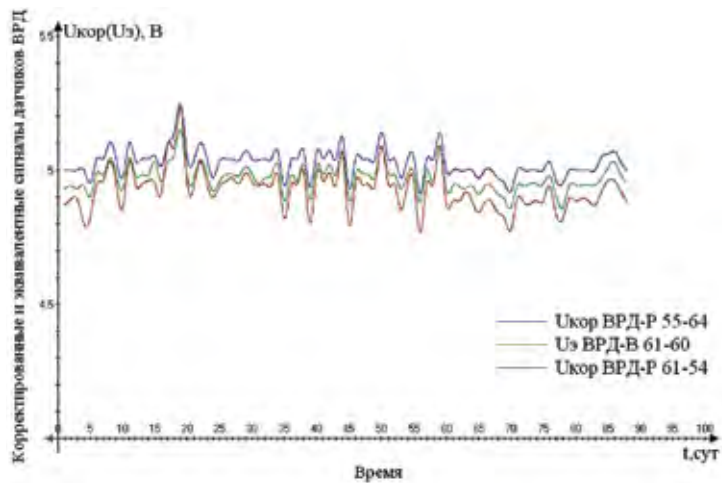


Рис. 3. Уровни скорректированных и эквивалентных сигналов датчиков ВРД-Р и ВРД-В / Pic.3. Levels of corrected and equivalent signals of VRD-R and VRD-V sensors

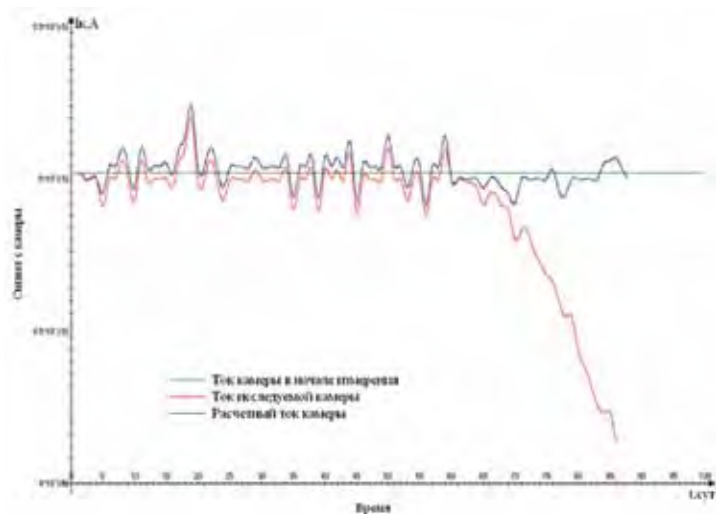


Рис. 4. Расчетный и экспериментальный ток исследуемой камеры / Pic. 4. Calculated and experimental current of the chamber in question

Таблица 1. Паспортные данные чувствительности подвески РИК РБМ-К9.Сб.242

Наименование параметра, единица измерения	Норма по «ИЗ.399.038 ТУ»	
	не менее	не более
Чувствительность к тепловым нейтронам в токовом режиме, А.см ² .с		
а) «Вых. 1»	1.3*10 ⁻¹⁴	1.7*10 ⁻¹⁴
б) «Вых. 2»	1.3*10 ⁻¹⁴	1.7*10 ⁻¹⁴
в) «Вых. 3»	1.3*10 ⁻¹⁴	1.7*10 ⁻¹⁴

полученных от аппаратуры СФКРЭ и аппаратуры контролирующей части КСКУЗ.

По способу получения диагностической информации данная техническая диагностика относится к функциональной, т. е. проводимой только на работающем оборудовании.

При использовании функциональной параметрической диагностики оценка технического состояния осуществляется по величине функциональных параметров оборудования при его работе, при этом подача целенаправленных тестовых воздействий не требуется. Отклонение этих параметров от их номинального значения свидетельствует об изменении технического состояния элементов объекта, формирующих данный параметр.

Перед началом исследования параметров подвесок и аппаратуры обработки сигналов на предмет стабильности показаний фиксируются значения токов ионизационных камер исследуемых подвесок и скорректированные сигналы внутриреакторных датчиков ВРД 1-го комплекта, находящихся вблизи исследуемых подвесок (рис. 2).

В качестве внутриреакторных детекторов нейтронного потока используются безынерционные эмиссионные детекторы нейтронного излучения с эмиттером, содержащим окись гафния.

Аппаратура СФКРЭ принимает до 132 сигналов для контроля радиального распределения энерговыделения ВРД-Р и до 144 сигналов для контроля высотного распределения энерговыделения (по 4 сигнала секций, распределенных по высоте канала ВРД-В, в каждой из 36 точек контроля).

Далее аппаратура СФКРЭ линейно преобразовывает входные токовые сигналы ВРД-Р в нормированные сигналы, а затем они преобразовываются в скорректированные сигналы. Сигналы от ВРД-В также нормируются и далее преобразуются в эквивалентные сигналы датчиков ВРД-Р.

На номинальном уровне мощности уровни сигналов Укор и Уэ от датчиков ВРД-Р и ВРД-В 1-го комплекта приблизительно равны 5В (рис. 3).

Сигналы Укор и Уэ датчиков ВРД-В и ВРД-Р являются наилучшим (по причине отсутствия пространственных искажений) источником информации для вычисления реактивности, общей и локальной мощности на энергетическом уровне мощности.

Зная принцип работы аппаратуры СКУЗ, т. е., как связаны нормированные и скорректированные сигналы от датчиков ВРД и ионизационных камер, уровни сигналов данных датчиков на энергетическом уровне мощности, можно получить зависимость между расчетным током камеры и показаниями от датчиков ВРД (рис. 4).

Далее по отношению тока исследуемой камеры к расчетному току можно судить об изменении чувствительности камеры подвески, вызванной выгоранием радиатора камеры и различными эксплуатационными дефектами (рис. 5).

Зная паспортные данные чувствительности камер конкретной подвески, и на сколько процентов они могут изменяться, можно судить о техническом состоянии подвески и первичной аппаратуры обработки информации.

В табл. 1 представлены паспортные данные чувствительности токовых камер подвески РИК РБМ-К9.Сб.242. Из нее следует, что допу-

скаемое ухудшение чувствительности токовых камер составляет 13%.

Выводы

Установлены связи между характеристиками диагностических параметров и состоянием объекта и определены диагностические алгоритмы, необходимые для определения вида технического состояния.

Использование данного метода контроля токовых ионизационных камер и первичной аппаратуры обработки сигналов позволит:

- выявлять эксплуатационные дефекты разъемных соединений и первичной аппаратуры обработки сигналов токовых камер;
- выявлять наступление момента предельного технического состояния подвесок;
- контролировать во времени выгорание радиатора подвесок для определения возможности их дальнейшей эксплуатации по истечении назначенного срока службы;
- прогнозировать отказы подвесок;
- снизить складские запасы в соответствии с идеологией Производственной системы «Росатом» за счет определения оптимального количества резерва подвесок;
- накопить статистические данные, полезные для разработчиков подвесок.

Таким образом, использование данного метода повысит надежность и эффективность эксплуатации подвесок ИК в составе КСКУЗ.

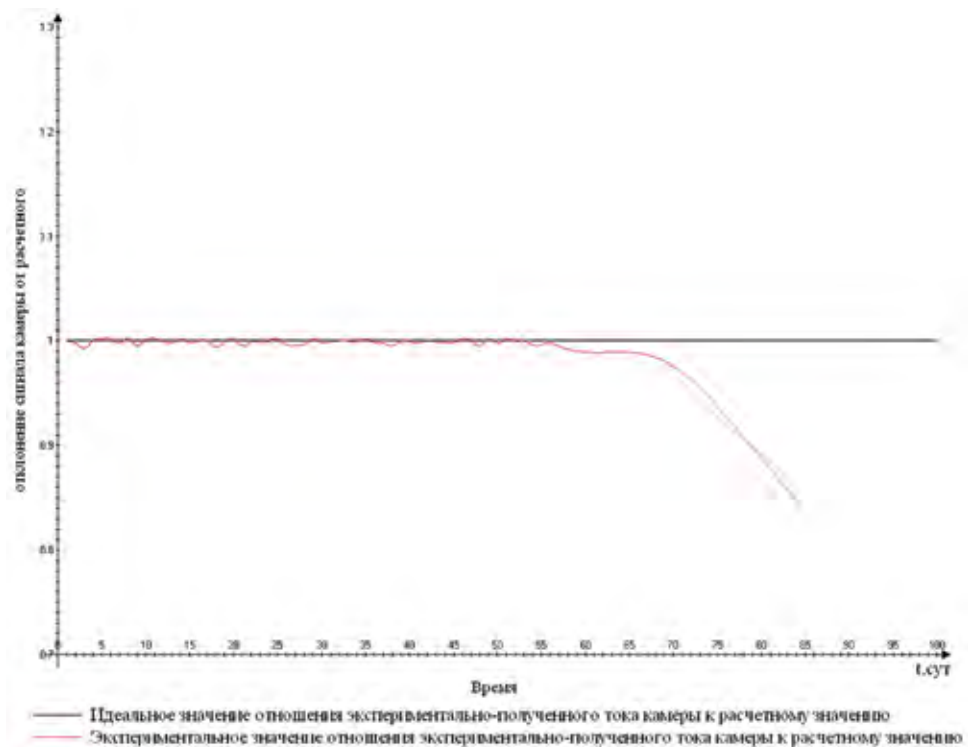


Рис. 5. Отклонение сигнала камеры от расчетного / Fig. 5. Deviation of the chamber signal from the calculated signal

Performance Control of Current Ionization Chambers within Reactor Control and Protection System of RBMK-1000

V. Kuzerin, Kursk Nuclear Power Plant – branch of Rosenergoatom

Introduction

The report is devoted to performance control of current ionization chambers and research into timing stability of the readings of the chambers and equipment used to process their signals.

Work objective:

- detection of operational defects of separable couplings and primary equipment for processing current chamber signals;
- identification of the time when the limit technical state of the suspension occurs;
- time control over suspension heater burnout to identify opportunities of further operation of suspensions upon expiration of their term of service;
- suspension failure predictions.

Main points

The ionization chamber is a gas-filled ionization detector used to monitor the density of the neutron flux in which the electric field is used to collect charges arising in the sensitive volume under ionizing radiation (Fig. 1).

Ionization chambers are the signal sensors in reactor control and protection systems.

Ionization chamber suspension is a structural unit used to fix the position of chambers inside the reactor and protect the ionization chamber and communication line from the external impact (moisture, acid fumes, etc.) and EMI.

The profile method used to check ionization chamber suspensions employed at RBMK-1000 reactors (No. 8.2506 M of 2009) determines the following scope of checking ionization chamber suspensions:

- insulation resistance and electric capacity check;
- plateau slope measurement of a volt ampere characteristic;
- measurement of a relative suspension sensitivity shift against a neutron flux;
- The flaws of this profile method are the following:
 - measurements are carried out only during scheduled maintenance;
 - when measuring relative suspension sensitivity against a neutron flux, average power is adopted instead of a value of a neutron flux passing through an IC suspension.

Primary reasons influencing the difference in near IR readings between themselves and from the average reactor power are the following:

- fuel bundle rearrangement together with heavy fuel burnout from the central zone of a reactor to its periphery results in fuel bundles fixed in edge rows having much lower capacity;
- dispersion in the readings of chambers located in different near IR channels along the perimeter of the active zone is explained by azimuth imbalance in capacities of fuel bundles located in edge rows of the active zone;

- near IR has a relatively small sensitivity radius;

• dispersion in sensitivity of certain near IRs. This paper suggests permanent monitoring of electric and radiometric parameters of current ionization chamber suspensions within reactor control and protection systems (RCPS) of RBMK-1000 based on readings provided by the equipment of power distribution physical control systems (PDPCS) and the equipment of RCPS controlling part.

Pursuant to the way to obtaining diagnostic information such technical diagnostics is referred to as functional, i.e. the one carried out only on operating equipment.

When applying functional parametric diagnostics, technical condition evaluation is performed based on the value of functional parameters of the equipment in operation, whereas targeted test inputs are not required. Deviation of these parameters from their nominal value indicates a change in the technical condition of the object elements forming this parameter.

Prior to studying the parameters of suspensions and signal processing equipment with respect to readings stability, currents values of ionization chambers of suspensions in question and corrected signals of in-core sensors VRD of the 1st set located near suspensions in question are fixed (Fig. 2).

Instantaneous emission detectors of neutron radiation with an emitter containing hafnium oxide are used as in-core neutron flux detectors.

PDPCS equipment receives up to 132 signals to control radial distribution of power release of a radial in-core sensor (VRD-R), and up to 144 signals to control vertical distribution of energy release (4 section signals distributed according to the channel height of a vertical in-core sensor (VRD-V) in each of 36 control points).

PDPCS equipment then ensures linear transformation of VRD-R input current signals into standardized signals, and still then they are transformed into corrected signals. VRD-V signals are also standardized and further transformed into equivalent VRD-R signals.

Signal levels U_{kop} and U_{α} from VRD-R and VRD-V sensors of the 1st set at the nominal power level approximate 5B (Fig. 3).

U_{kop} and U_{α} signals of VRD-V and VRD-R sensors are the best (due to lack of spatial distur-

tion) source of information to calculate reactivity, total and local power at an energy power level.

Being aware of RCPS equipment operation principle, namely what is the connection between standardized and corrected signals from VRD sensors and ionized chambers, and sensor data signal levels at an energy power level, one can get at the dependence between calculated chamber current and VRD sensor readings (Fig. 4).

Then judging by the relation between the current of the chamber in question and the calculated current, suspension chamber sensitivity shift can be assessed as a result of chamber radiator burnout and various operational defects (Fig. 5).

Being aware of the passport details regarding chamber sensitivity for a particular suspension, and of their deviation percentage a conclusion can be made as to the technical condition of the suspension and primary data processing equipment.

Table 1 shows passport details regarding current chamber sensitivity of suspension RIK RBM-K9.Sb.242. It follows thence that the allowed sensitivity reduction for current chambers constitutes 13%.

Conclusions

Links between characteristics of diagnostic parameters and the object status were established whereas diagnostic algorithms required to identify the type of technical status were defined.

Application of this control method for current ionization chambers and primary equipment of signal processing will enable the following:

- detection of operational defects of separable couplings and primary equipment for processing current chamber signals;
- identification of the time when the limit technical status of the suspension occurs;
- time control over suspension heater burnout to identify opportunities of further operation of suspensions upon expiration of their term of service;
- suspension failure predictions;
- inventory reduction pursuant to the ideology of Rosatom Production System through identifying an optimal amount of suspensions in reserve;
- accumulation of statistical data useful for suspension developers.

Application of this method will thus increase reliability and efficiency while operating IR suspensions within RCPS.

Table 1. Sensitivity details for suspension RIK RBM-K9.Sb.242

Parameter name, unit of measure	Normal value under $\epsilon 13.399.038$ TU	
	minimum	maximum
Sensitivity to thermal neutrons in a current mode, $A \cdot cm^2 \cdot c$		
a) «Out 1»	1.3*10-14	1.7*10-14
б) «Out 2»	1.3*10-14	1.7*10-14
в) «Out 3»	1.3*10-14	1.7*10-14

Цифровое устройство сбора данных повышенной емкости системы регистрации физических параметров

**А.Д. Русак, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»
им. академика Е.И. Забабахина**

Традиционными критериями правильности конструктивной и схемотехнической реализации разработок и их составных частей (СЧ) являются их успешные натурные испытания. Следует отметить, что проведение натурных (полигонных) контрольных испытаний сопряжено с большими затратами времени и материальных ресурсов, поэтому в условиях ограниченности количества испытаний на первый план выходит повышение качества проводимых измерений, что требует как увеличения точности измерений, так и увеличения объема регистрируемой информации.

В настоящее время во ВНИИТФ ведется разработка бортовой автономной системы регистрации физических параметров, в состав которой входит цифровое устройство сбора данных повышенной емкости (регистратор).

Существующие в институте системы для измерения вибрации и температуры являются морально устаревшими и не подлежат восстановлению.

Основные требования, предъявляемые к новой системе по регистрации вибрации:

- амплитуда измеряемых виброускорений от 1 до 100 g;
- измерение вибрации по 30 каналам;
- период опроса датчиков вибрации не более 100 мкс;
- длительность одного измерения не менее 10 с.;
- количество измерений не менее 16;
- привязка измерений к бортовому времени.

Основные требования, предъявляемые к системе по регистрации температуры:

- диапазон измеряемых температур от -60 до +260°C;
- измерение температуры по 58 каналам;
- программируемый период опроса;
- количество опросов датчиков температуры не менее 1200;
- привязка измерений к бортовому времени.

Перед началом разработки был проведен анализ наличия готовых вариантов систем (НПО «Измерительная техника», Роскосмос, НПО «Прибор», ОАО «Ижевский радиозавод»). Анализ дал отрицательный

результат. Предложенные варианты не удовлетворяли заданным требованиям по скорости обмена данными, объемом памяти, точностным характеристикам и внешним воздействующим факторам. В результате было принято решение о самостоятельной разработке измерительной системы. По результатам предварительной проработки была разработана структурная схема системы регистрации и сформулированы требования к составным частям системы, в том числе к регистратору:

- регистрация не менее 16 запусков измерений вибрации с двух измерителей вибрации общим объемом порядка 50 Мб;
- регистрация данных измерения температуры с двух измерителей температуры;
- средняя скорость обмена данными с измерителями составляет 1 Мбит/с;
- подсчет бортового времени и регистрация событий с привязкой к бортовому времени;
- возможность программирования режимов измерения температуры: изменение периодов опроса датчиков температуры;
- предусмотреть несколько вариантов запусков измерения вибрации: по команде пилота, с заданным периодом, по заданному расписанию;
- работоспособность при питании от системы электроснабжения самолета (вертолета).

В соответствии с заданными требованиями и был разработан регистратор.

Главными его достоинствами являются следующие:

- 1) привязка измерений к бортовому времени;
- 2) большой объем энергонезависимой памяти (256 Мб). При этом возможно увеличение объема памяти без изменения схемотехники и небольшой корректировки программного обеспечения;
- 3) защита данных от потери и ошибок при считывании;
- 4) высокая скорость обмена данными между приборами системы;
- 5) программирование режимов измерения;
- 6) заложенная адаптивность программного обеспечения регистратора позволяет конфигурировать состав системы регистрации при компоновке изделия (возможно подключение различного количества измерительных приборов);

7) заложенная схемотехническая и алгоритмическая адаптивность позволяет при необходимости на базе регистратора создавать различные информационно-измерительные системы для различных задач. То есть, существует возможность подключения к регистратору не только преобразователей температуры и вибрации, но и преобразователей других физических величин. Таким образом, применение регистратора возможно в различных областях промышленности.

Важным достижением при разработке регистратора было освоение современной элементной базы. Конкретно, было освоено применение:

- современного 8-разрядного контроллера 1886BE4U;
- микропотребляющего контроллера 1886BE71U;
- приемопередатчика LVDS;
- новых серий цифровых микросхем (5514).

На данный момент реализация регистратора с ПЗУ отечественного производства не представляется возможной. Существующие микросхемы ПЗУ не удовлетворяют требованиям по скорости записи и объему памяти. Отсутствие ПЗУ необходимого объема отечественного производства потребовало применения передовых импортных технологий (микросхемы NAND_FLASH памяти). Отсутствие качественной общедоступной технической документации, а также опыта применения данных микросхем потребовало в короткие сроки глубоких исследований работы самой микросхемы.

С конструкторской точки зрения можно отметить следующие достижения:

- для реализации схемотехнических решений были впервые самостоятельно разработаны многослойные печатные платы, что позволило существенно снизить объем регистратора. В итоге его размеры задаются только размерами блока питания;
- при монтаже плат применялась групповая пайка.

В итоге разработан регистратор на современной элементной базе, полностью удовлетворяющий заданным требованиям и являющийся универсальным прибором для использования в различных областях промышленности.

High Capacity Digital Data Collection Unit for a Physical Parameters Recording System

**A. Rusak, Russian Federal Nuclear Center –
All-Russian Research Institute of Technical Physics
named after Academician E. Zababakhin**

Traditionally, the design and circuit design accuracy of products and their components is verified by means of full-scale tests. Full-scale (field) tests require much time and a lot of resources. When the number of tests is limited, it is important to enhance the quality of measurements. It means that the accuracy of measurements should be improved and the volume of recorded data should be increased.

All-Russian Research Institute of Technical Physics (VNIITF) is engaged in developing an air-borne single-remote physical parameters recording system with a high capacity digital data collection unit (recorder).

Vibration and temperature measuring systems available in the Institute are morally obsolete.

A new vibration recording system must meet the following requirements:

- vibration acceleration amplitude: 1 – 100 g;
- vibration measurement in 30 channels;
- sampling period: not more than 100 msec;
- measurement duration: not less than 10 sec;
- number of measurements: at least 16;
- on-board time reference.

The main requirements to a temperature recording system:

- measured temperature range: -60 до +260 C;
- temperature measurement in 58 channels;
- programed sampling period;
- number of samplings: at least 1,200;
- on-board time reference

Available systems (Izmeritel'naya Tekhnika Research and Production Association, Roscosmos, Pribor Research and Production Association, Izhevsk Radio Plant) had been analyzed before the development began. The result was discouraging. The systems did not meet requirements to data rate, storage capacity, accuracy and external influencing factors. A decision was made to develop a new measuring system. Primary investigation resulted in a flow diagram of the recording system and requirements to its components including those to the recorder:

- recording of at least 16 vibration measurements made by two vibration meters with the total capacity of 50 Mb;
- recording of data from two temperature meters;
- average data rate of 1 Mbit/sec;
- on-board time recording and event posting with time reference;
- programming of temperature measurement regimes: change of sampling periods;
- several versions of vibration measurement initiation: at the pilot's command, by predetermined period, by predetermined schedule;
- possibility of energy supply by the aircraft (helicopter) supply system.

The recorder was developed to meet the above requirements.

The main advantages are:

- 1) on-board time reference;
- 2) large non-volatile memory (256 Mb). The storage capacity can be increased by insignificant adjustment of software without any change of the circuit design;
- 3) protection of data from loss and error at reading;
- 4) high data rate;

5) programmed measurement regimes;

6) the recorder's software adaptability allows to change the composition of the product (various numbers of meters can be connected to it);

7) the circuit and algorithmic adaptability allows to build various data measuring systems to be used to solve various tasks. It is possible to connect physical parameters meters other than vibration and temperature meters. Thus, the recorder can be applied in various branches of industry.

Another achievement is the application of the state-of-the-art hardware components in the development of the system. Specifically, the following applications are used:

- modern 8-bit 1886BE4U controller;
- 1886BE71U low-consumption controller;
- LVDS receiver-transmitter;
- a new series of digital microcircuits (5514).

It is not possible to use Russia-made ROM in the recorder now since the ROM does not meet requirements to recording rate and storage capacity. So, it was necessary to use advanced imported technologies (NAND_FLASH memory chips). Since we did not have technical documentation and experience in these chips, we had to make fast investigations in the chip's principle of operation.

The following achievements in design can be noted:

- for the circuit design we developed independently multilayer boards that allowed to reduce the recorder's dimensions. Its dimensions depend on the dimensions of the supply unit only;
- kit soldering was used in the boards assembly.

Thus, the developed recorder uses modern hardware components, has required capabilities and can be applied in various branches of industry.

Широкодиапазонный блок детектирования мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения класса безопасности ЗН по НП-016-05, НП-001-97, ПОБ КПРУ-98

А.З. Ануфриева, М.Б. Лебедев, М.М. Солопенко, А.В. Ступацкий, ФГУП «ПО «МАЯК»

Введение

Широкодиапазонный блок детектирования БДБГ-10И ЖГИЦ.412113.001 (далее – БД) предназначен для непрерывного измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения Н (далее – МАЭД), характеризующей радиационную обстановку в месте установки БД.

По влиянию на безопасность БД соответствуют требованиям, предъявляемым к элементам нормальной эксплуатации класса безопасности ЗН в соответствии с НП-001 (ОПБ-88; ПНАЭГ Г-01-011), НП-016 (ОПБ ОЯТЦ) и ПОБ КПРУ-98.

БД может применяться:

- в составе автоматизированной системы радиационного контроля (далее – АСРК) на предприятиях, где производятся, перерабатываются или хранятся радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений;
- совместно со стандартной электронно-физической аппаратурой, имеющей соответствующие входы (для приема последовательно-статистически распределенных импульсов или интерфейс RS-485).

Внешний вид БД

Конструктивно БД представляет собой цилиндрический корпус из алюминиевого сплава, внутри которого расположен электронный узел, состоящий из модуля управления счётчиками, модуля питания, модуля высоковольтного преобразователя и модуля микроконтроллера. БД имеет два счётчика Гейгера-Мюллера. Счётчики размещены соосно внутри экранов, компенсирующих энергетическую зависимость.

Принцип действия и актуальность разработки

Принцип действия БД основан на преобразовании энергии ионизирующего излучения в электрические импульсы. Временные параметры последовательности электрических импульсов постоянно пересчитываются микроконтроллером по заданному алгоритму в значение измеряемой физической величины (МАЭД).

В качестве детекторов ионизирующего излучения используются газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера СБМ20 (для чувствительного поддиапазона) и СИЗ4Г (для грубого поддиапазона). Переключение с одного поддиапазона на другой происходит под управлением программы, записанной в энергонезависимую память микроконтроллера. При этом для увеличения ресурса чувствительного счётчика уровень напряжения питания на нём уменьшается до значения ниже напряжения начала счёта.

Работа БД заключается в непрерывном измерении скорости счёта (далее ИССЧ) им-



Рис. 1. Внешний вид БД без кожуха
Fig. 1. WRD Exterior Without Case

пульсов, поступающих с выхода детектора, которое реализовано программно-аппаратным способом. Для увеличения скорости реакции на резкие изменения МАЭД был разработан адаптивный алгоритм, позволяющий оперативно отслеживать резкие изменения значения МАЭД. С помощью адаптивного алгоритма было достигнуто время реакции на скачкообразное изменение МАЭД, равное 4-7 с, что является очень хорошим показателем для первичных преобразователей автоматизированных систем радиационного контроля (далее АСРК). Испытания адаптивного алгоритма проводились на установке УПГД. Полученные результаты представлены на рисунках 3-5. Для примера, на рисунке 3 представлен тренд регистрации МАЭД, при котором происходило скачкообразное изменение мощности внешнего поля гамма-излучения. На рисунках 4, 5 представлены реакции на резкое возрастание и падение МАЭД внешнего поля гамма-излучения.

Из рисунков видно, что при сохранении заданной погрешности и равномерности из-



Рис. 2. Внешний вид БД в кожухе
Fig. 2. WRD Exterior in Case

мерений достигнуто время реакции не более 5 секунд, что является отличным показателем по сравнению с аналогичными изделиями, представленными на российском рынке.

В настоящее время ведется проработка еще одного режима работы БД, который называется режим измерения временных интервалов (далее ИВИ). Режим работы ИВИ основан на измерении временного интервала от момента подачи напряжения питания на детектор и до момента получения с выхода детектора первого счетного импульса. Режим работы ИВИ значительно увеличивает временной ресурс работы счетчиков Гейгера-Мюллера. Увеличение временного ресурса работы счетчиков Гейгера-Мюллера происходит за счет того, что при регистрации временных интервалов счетчик большую часть времени находится в выключенном состоянии, что приводит к экономии лавиногасящей газовой добавки.

Режим работы ИССЧ, в отличие от прорабатываемого режима ИВИ, обеспечивает большую стабильность показаний значений МАЭД и обладает меньшей основной относительной

Таблица 1. Основные параметры и характеристики БД

Основные параметры	Значение
Диапазон измерения, Зв/ч	$1 \cdot 10^{-7} - 10$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности, % (Н – безразмерная величина, численно равная измеренному значению МАЭД в $\text{мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$)	$\pm (20+3/\text{H})$
Диапазон энергий, МэВ	0,05 – 3,00
Энергетическая зависимость, %	± 30 (от 0,06 до 1,25 МэВ)
Пределы допускаемой относительной дополнительной погрешности вследствие анизотропии чувствительности БД в плоскости, перпендикулярной оси детектора, %	± 30
Напряжение электропитания, В	9 – 42
Потребляемая мощность, не более, ВА	2
Тип выходного сигнала	Частота, RS-485
Класс безопасности	ЗН
Степени защиты от воздействия окружающей среды (твёрдых предметов и воды)	IP65
Степень защиты от воздействия окружающей среды при подключенном внешнем кабеле	IP68
Группа исполнения и критерий качества ЭМС	IV A
Диапазон рабочих температур, °С	от – 40 до + 50
Габаритные размеры (диаметр x длина), не более, мм	50 x 400
Масса, не более, кг	0,8
Наработка на отказ, ч	20000
Время установления рабочего режима, не более, мин	1

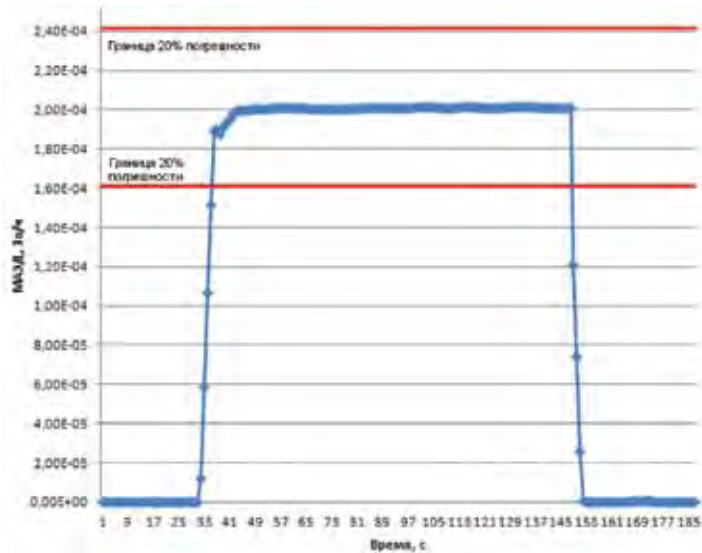


Рис. 3. Тренд времени реакции БД / Fig. 3. WRD Response Speed Trend

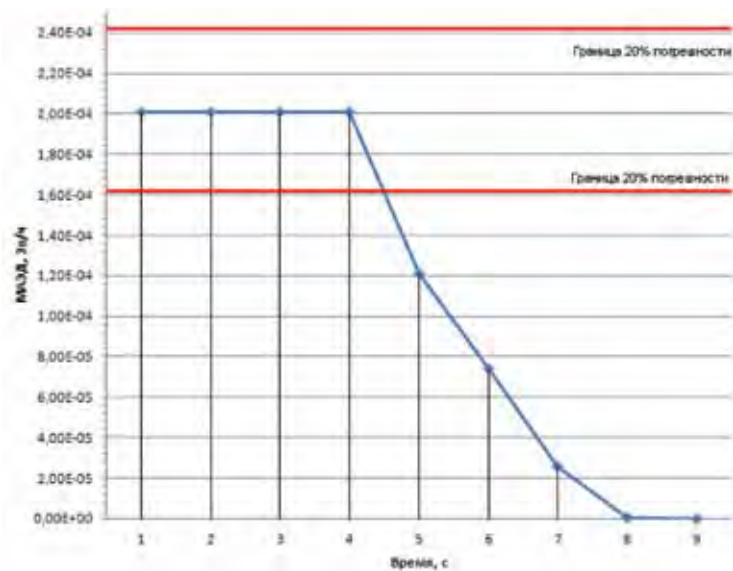


Рис. 5. Тренд времени реакции БД при резком падении МАЭД внешнего поля гамма-излучения / Fig. 5. WRD Response Speed Trend During Abrupt Decrease of the Gamma-Radiation External Field ADEP

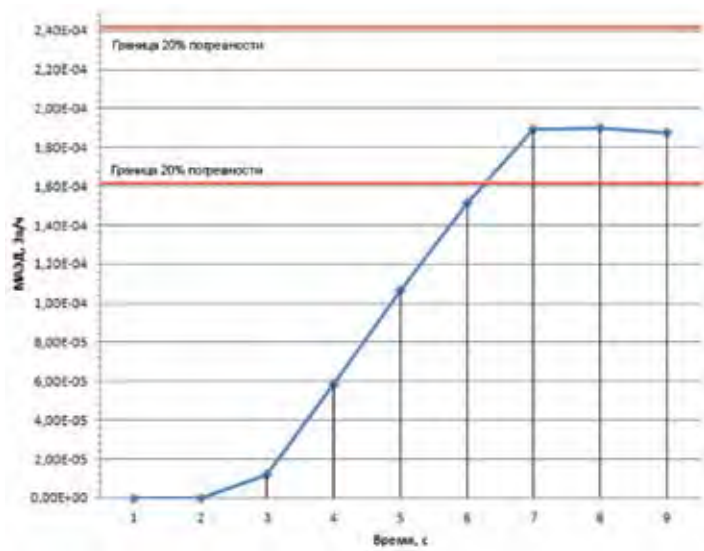


Рис. 4. Тренд времени реакции БД при резком возрастании МАЭД внешнего поля гамма-излучения / Fig. 4. WRD Response Speed Trend During High Increase of the Gamma-Radiation External Field ADEP

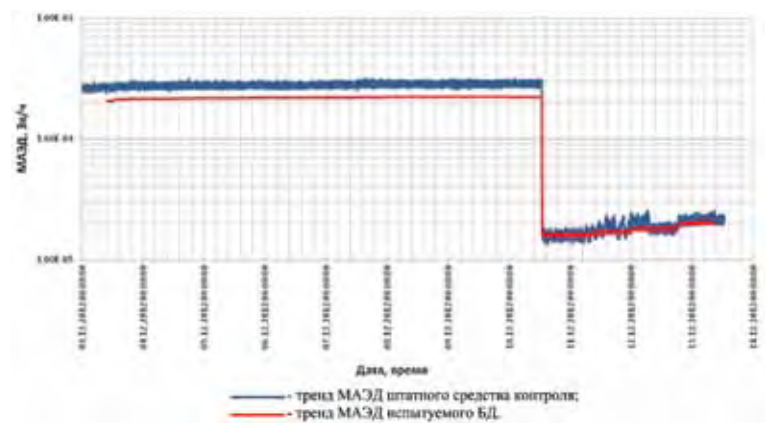


Рис. 6. Тренд сравнения полученных значений МАЭД БД и штатного средства контроля / Fig. 6. Trends of ADEP Values Received From WRD and From the Regular Control Device Compared

погрешностью. Однако, при использовании БД в гамма-полях с высокими значениями МАЭД, в особенности при работе БД в аварийной радиационной обстановке, для увеличения временного ресурса работы счетчиков Гейгера-Мюллера перспективным является прорабатываемая методика режима ИВИ.

При работе БД производится автоматический контроль работоспособности обоих поддиапазонов, а также уровня высокого напряжения, поступающего на счетчики Гейгера-Мюллера.

БД имеет внутренний генератор проверки, импульсы с которого подаются на вход электронных трактов усиления и формирования грубого и чувствительного поддиапазонов, что позволяет получить контрольную скорость счета либо контрольный временной интервал на выходе БД.

Для замены старых блоков детектирования в БД предусмотрены частотные выходы, аналогичные по своим параметрам блокам, выпущенным ранее на ФГУП «ПО «Маяк».

Выводы

Представленный БД имеет широкий диапазон измерения МАЭД, уникальный алгоритм работы, высокую степень защиты от проникновения пыли и влаги, быстроразъемный разъем, широкий диапазон рабочих температур, самодиагностику, отвечает всем современным жестким требованиям, предъявляемых к устройствам относящихся к классу безопасности ЗН в соответствии с НП-001(ОПБ-88; ПНАЭГ Г-01-011), НП-016 (ОПБ ОЯТЦ) и ПОБ КПУ-98.

Во время разработки были проведены эксплуатационные испытания в условиях реального производства на ФГУП «ПО «МАЯК».

При проведении предварительных испытаний во ФГУП «ВНИИФТРИ» была подтверждена работоспособность БД при значениях МАЭД выше верхнего предела диапазона измерений, что также подтвердилось на эксплуатационных испытаниях в условиях реального производства во ФГУП «ПО «МАЯК». Параллельно одной из штатных точек системы АСКР был установлен БД, в силу технологических особенностей производства периодически резко увеличивалась МАЭД и доходила до 30 Зв, что значительно превышает заявленный верхний предел диапазона измерения БД. При этом БД оставался работоспособным и выдавал значения МАЭД.

В процессе эксплуатационных испытаний полученные значения МАЭД от БД сравнивались со значениями штатных средств измерения; один из трендов сравнения представлен на рисунке 6.

Из анализа полученных данных следует, что характер изменения тренда МАЭД испытуемого БД повторяет изменение тренда МАЭД штатного средства. При этом следует отметить, что показания испытуемого БД обладают большей стабильностью, время реакции на резкие изменения внешней радиационной обстановки не хуже времени реакции штатного средства. Результаты проверки признаны положительными.

По результатам испытаний БД в подразделениях ФГУП «ПО «МАЯК» от эксплуатирующего персонала были получены следующие положительные отзывы:

- удобство сочленения и отсоединения линии связи от БД благодаря применению push-pull разъемов;
- удобство дезактивации и обслуживания благодаря надежной степени защиты от проникновения пыли и влаги IP68;
- стойкость маркировки БД к дезактивирующим растворам (до этого применялась лазерная гравировка, дезактивация которой была неудобна);
- наличие пломбировочной этикетки-индикатора, которая указывает на несанкционированное вскрытие БД;
- более высокое быстродействие по сравнению со штатными средствами измерения при резких изменениях МАЭД благодаря применению уникального алгоритма;
- точность измерения МАЭД гамма-излучения в широком диапазоне, которая обеспечивается наличием в составе БД двух типов счетчиков Гейгера-Мюллера, каждый из которых рассчитан на свой диапазон МАЭД;
- интуитивно понятный интерфейс сервисной программы с возможностью архивирования, самодиагностики, отображением текущего значения МАЭД, температуры, просмотром тренда изменения МАЭД в течение определенного времени;
- возможность использования как частотных выходов (для интеграции в старые системы контроля радиационной безопасности), так и общепринятого интерфейса RS-485;
- надежность в работе при кратковременных превышениях заявленного верхнего предела диапазона измерений БД.

Wide Range Detector of Ambient Gamma-Ray Dose Equivalent Power for 3H Gamma Rays (according to НП-016-05, НП-001-97, ПОБ КПРУ-981 classification)

A. Anufrieva, M. Lebedev, M. Solopenko, A. Stupatsky, Mayak Production Association

Introduction

Wide range detector БДБГ-10И ЖГИЦ.412113.001 (hereinafter referred to as WRD) is designed for continuous measuring of ambient H gamma-ray dose equivalent power (hereinafter referred to as ADEP) that is characteristic of the radiation environment in the WRD location.

As far as safety is concerned, WRD conforms to the requirements of 3H class standard operation according to НП-001 (ОПБ-886 ПНАЭГ Г-01-011), НП-016 (ОПБ ОЯТЦ) и ПОБ КПРУ-982.

WRD can be used:

- as a part of computer-aided radiation control system (hereinafter referred to as CRCS) in the facilities where radioactive substances and other sources of ionizing radiation are produced, recycled or stored;
- in association with standard electronic equipment that is equipped with the corresponding input terminals (in order to receive a sequence of statistically distributed impulses or RS-485 interface).

WRD Exterior

The WRD is designed as an aluminum alloy cylindrical body that features an electronic component consisting of counters control module, power module, high voltage converter and microcontroller. WRD is equipped with two Geiger-Muller counters. The counters are axially aligned inside the screens compensating for the energy dependence.

Operating Principle and Relevance of the Device

Operating Principle of WRD is based on the conversion of ionizing radiation energy into electrical impulses. In accordance with the preset algorithm the microcontroller is continuously re-converting the temporary parameters of the electrical impulses sequence into physical quantity that is being measured (ADEP).

Geiger-Muller counter tubes – СБМ20 (for sensitive subrange) and СИЗ4Г (for non-sensitive subrange) are used as ionizing radiation detectors. Switching between the subranges is done with the help of a program stored in the non-volatile memory of the microcontroller. In order to increase the life time of the sensitive counter its voltage level is reduced to the value that is lower than the starting voltage.

WRD task is to measure the counting rate (hereinafter referred to as CR) of the impulses coming from the detector output that is implemented with the help of soft hardware. In order to increase the speed of response to the abrupt ADEP changes an adaptive algorithm that allows for the immediate tracking of the abrupt ADEP changes was developed. The adaptive algorithm helped to reach the speed of response to ADEP discontinuous jump equal to 4-7 sec what is a very good result for sensing devices of computer-aided radiation control systems (hereinafter referred to as CRCS). The adaptive algorithm was tested at gamma-ray test equipment УПГД. The results of the test are shown in figures 3-5. As an example, figure 3 shows the ADEP recording trend when the discontinuous jump of the gamma-radiation external field voltage occurred. Figures 4 and 5 show responses to high increase and abrupt decrease of gamma-radiation external field ADEP.

The figures give clear evidence of the fact that within the limits of the error assigned and with the steady measurement response speed not exceeding 5 seconds was reached that is a great result in comparison with similar products in the Russian market.

Currently another WRD operating mode is being developed – time gap measuring mode (TGM). TGM measures the time gap between the moment of voltage supply to the detector and the moment of the first counting pulse coming from the detector output. TGM operating mode significantly increases the Geiger-Muller counters life time. Geiger-Muller counters life time is increased because while recording the time gaps the counter is switched off most of the time that leads to saving quenching agent.

CR mode in contrast with the TGM mode being developed provides for higher stability of the ADEP values and has lower main relative error. However for WRD application in gamma fields with high ADEP values, especially for the usage of WRD in emergency radiation environment, the TGM mode is more promising for the purposes of Geiger-Muller counters life time increase.

During WRD operation performance capacity of both subranges as well as the high voltage coming to Geiger-Muller counters is automatically controlled.

WRD features an internal check generator, its impulses being fed to the input of electrical tracts that intensify and form sensitive and non-sensitive subranges that allows receiving the check counting rate or the check time gap at the WRD output.

For the purpose of replacing old detectors WRD is equipped with frequency outputs that are characterized with the parameters similar to detector units that had been produced at federal state unitary enterprise Production Association Mayak before.

Conclusions

The WRD described possesses a wide ADEP measurement range, a unique operation algorithm, high level of protection from dust and moisture, quick-release connector, wide operating temperature range, self-diagnostics, it conforms to all the current strict requirements that all the devices of 3H class are to meet in accordance with НП-001(ОПБ-88; ПНАЭГ Г-01-011), НП-016 (ОПБ ОЯТЦ) and ПОБ КПРУ-981.

The WRD development process included performance test of the device at actual production site at federal state unitary enterprise Production Association Mayak.

During preliminary WRD testing at federal state unitary enterprise Russian Research Institute of Physical and Radio Metrology WRD performance capacity at ADEP values higher than upper measurement range limit was proved, that was confirmed later during the performance test at actual production site at federal state unitary enterprise Production Association Mayak. Together with one of the regular CRCS points a WRD was installed, where the production process characteristics occasionally caused the high increase of ADEP reaching up to 30 Sv that is significantly higher than the upper WRD measurement range limit. WRD never lost its performance capacity and was still able to register ADEP values.

During the performance test ADEP values from WRD were compared with those of regular measurement devices, one of the comparison trends being shown in figure 6.

The data analysis shows that WRD ADEP trend repeats the regular device ADEP trend. However it should be noted that the tested WRD values are more stable, speed of response to the abrupt changes of the radiation environment is not worse than that of the regular device. The test results were considered to be positive.

After the testing of WRD in various departments of the federal state unitary enterprise Production Association Mayak, the personnel of the company provided the following positive feedback on the device performance:

- the device is easy to link to and separate from the communication line due to push-pull connectors;
- the device is easy to deactivate and to maintain due to the reliable protection system from dust and moisture IP68;
- WRD marking is resistant to decontamination fluids (before that laser engraving was used that was hard to decontaminate);
- WRD is equipped with sealing indication label that shows the unauthorized WRD opening;
- due to unique algorithm during abrupt ADEP changes WRD shows higher operation speed than that of regular measurement devices;
- accurate measurement of wide range gamma-radiation ADEP is provided by two types of Geiger-Muller counters, each of which is designed for a certain ADEP range;
- intuitive program interface that allows to archive data, to self-diagnose problems, to display the current ADEP value, the temperature, the ADEP change trend for a certain period of time;
- ability to use both frequency outputs (for the integration with old radiation control systems) and conventional RS-485 interface;
- the device is reliable in case of short-term excess of upper WRD measurement range limit.

Table 1. Key WRD Parameters

Key Parameters	Value
Measurement Range, Sv/h	1·10 ⁻⁷ - 10
Limits of Main Relative Error, %	
(H – nondimensional value that equals the ADEP value measured in μSv/h·1)	± (20+3/H)
Energy Range, MeV	0,05 – 3,00
Energy Dependence, %	± 30 (from 0,06 to 1,25 MeV)
Limits of Additional Relative Error being the result of WRD sensitivity anisotropy in the plane that is perpendicular to the detector axis, %	± 30
Power Voltage, V	9 – 42
Power Consumption, not exceeding, VA	2
Output Signal Type	Frequency, RS-485
Safety Class	3H
Level of Protection from Environmental Impact (solid objects and water)	IP65
Level of Protection from Environmental Impact With the Cable Connected	IP68
Performance Group and EMC Quality Criteria	IV A
Operating Temperature Range, °C	from – 40 to + 50
Overall Dimension (diameter length), not exceeding, mm	50 x 400
Weight, not exceeding, kg	0,8
Time Between Failures, h	20000
Setup time, not exceeding, min	1

АСКУ реакторных установок «Людмила» и «Руслан»: опыт внедрения и использования

А.В. Мальцев, М.Е. Коцеев
ФГУП «ПО «Маяк»

Реакторные установки «Людмила» и «Руслан» находятся на территории ФГУП «ПО «Маяк» г. Озерск. Обеспечение надлежащего контроля и управления возможно за счет использования современных средств КИПиА а также проверенных временем подходов построения АСУТП.

История развития АСКУ ЛФ-2 берет свое начало с 1987 года. На этом этапе комплекс технических средств базировался на машинах класса СМ-2М. Одной из важнейшей чертой данного периода является разделение АСКУ на два уровня: верхний и нижний. В дальнейшем технические и программные средства совершенствовались, однако принцип разделения обработки технологической информации сохранился и по сей день.

Разработчиками модернизированной АСКУ установки ЛФ-2 являлись НИКИЭТ (г. Москва), УПИИ ВНИПИЭТ (г. Озерск), ОКСАТ-НИКИЭТ (г. Москва), ФГУП «ПО «Маяк» (г. Озерск).

На сегодняшний день АСКУ ЛФ-2 объединяет более двадцати функциональных подсистем, каждая из которых выполняет строго опре-

деленные функции: это подсистемы внутри-реакторного контроля, подсистема контроля бассейнов выдержки, подсистема контроля радиационной обстановки, подсистема контроля протечек, подсистема контроля параметров общих замеров, подсистема контроля электроснабжения и другие.

Большая часть подсистем объединена в единую вычислительную сеть АСКУ-Л.

АСКУ-Л представляет собой дублированную сеть для передачи технологической информации и дополнительную сеть для администрирования и ведения вычислительного процесса.

Наиболее важные для контроля системы дублированы, что обеспечивает надежность, достоверность и долговечность системы.

АСКУ-Л работает под управлением Linux-подобной операционной системы.

Контроль за доступом к информации, просмотр событий аудита, просмотр системного журнала и журнала вычислительного процесса осуществляется администратором информационной безопасности с отдельно выделенного рабочего места.

Обработка технологической и диагностической информации выполняется комплексом

программных средств КРОСС (комплекс распределенных средств сетевой обработки), разработанным специалистами НИКИЭТ. В основе КРОСС лежит распределенная база данных реального времени (РБДРВ). В соответствии с принятой концепцией каждый узел сети АСКУ-Л относится к одному из следующих классов:

- источник информации (концентраторы информации – КИ, вычислительные серверы ВС);

- операторские станции (ОРСы);
- инженерные рабочие станции (ИРСы);
- прочие получатели информации (архивные сервера).

КИ выполняют функцию сбора первичной информации от датчиков контроля, первичной обработки, формирования обобщенных значений, а также формирования их статусов. Также некоторые КИ производят элементарные расчеты.

Операторские и инженерные рабочие станции обеспечивают отображение технологической и диагностической информации на дисплеях.

Каждый узел сети содержит лишь ту часть общей базы данных, которая ему нужна для

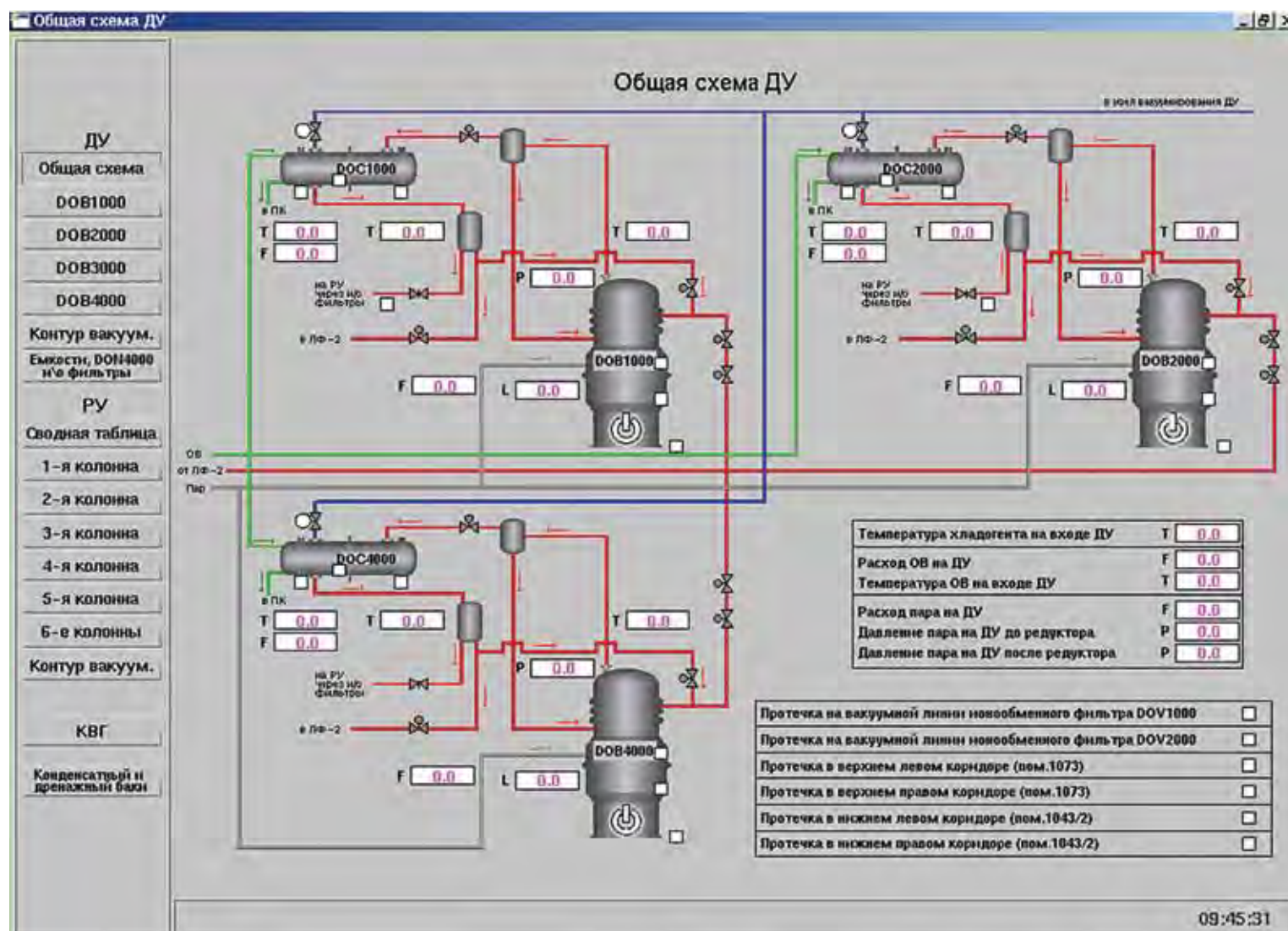


Рис. 1. Пример мнемосхемы АСКУ-Л

правильного функционирования. За счет этого достигается экономия памяти. Очевидно, что ОРСы, ИРСы и архивные сервера содержат наиболее полную базу данных. Доставкой информации до потребителей занимается ядро РБДРВ. К серьезным недостаткам РБДРВ можно отнести:

- отсутствие возможности хранения нечисловой информации;
- передача по сети только значений и статусов параметров (уставки, признак логического отключения и др. не передаются);
- отсутствие контроля успешности корректировки данных со стороны оператора.

Комплекс технических средств нижнего уровня имеет достаточно широкий спектр. В ходе модернизации было принято решение на части подсистем продолжить использовать микропроцессорный субкомплекс контроля и управления (МСКУ), на котором был построен нижний уровень АСКУ-Л в период с 1995 по 2005 г. Однако процессорные модули МСКУ были заменены на промышленные компьютеры (концентратор информации КИ), для которых нашими специалистами был написан драйвер, выполняющий запись технологической информации, полученной от БСО в РБДРВ. Кроме этого, КИ выполняет первичные расчеты и формирование обобщенных значений параметров.

МСКУ не является единственным вариантом блока связи с конечными датчиками. Используются также модули:

- ADAM фирмы Advantech 4013-D, 4018+, 4019
- МЕРАДАТ М12ТХД1
- регистраторы многоканальных технологических (PMT 59)

Для отображения мнемосхем используется пакет VDESK, также разработанный специалистами ОАО НИКИЭТ. Первоначально мнемосхема представляет собой один или несколько текстовых файлов, написанных на специальном языке. В последующем кадр на языке vdesk компилируется. Пример мнемосхемы приведен на рисунке 1.

Следует отметить, что использование пакета vdesk сопряжено с рядом серьезных сложностей. Прежде всего это отсутствие рабочего графического редактора и библиотеки готовых элементов. Язык vdesk является достаточно сложным для понимания.

Уникальность опыта внедрения и использования АСКУ заключается в применении приборов, систем и подходов контроля на объекте, предъявляющем требования обеспечения режима секретности к обрабатываемой информации.

Развитие автоматизированной системы установки «Руслан» во многом повторяет развитие автоматизированной системы установки «Людмила». Так, период с 1995 по 2011 гг. в истории АСКУ-Р характеризуется теми же принципами построения, что и АСКУ-Л в период 1995 до 2005 г.

Наиболее серьезные изменения при модернизации АСКУ-Р должны коснуться нижнего уровня. Предполагается, что он будет построен на базе модулей МФК3000 компании TECO, однако, существуют сложности в стыковке модулей МФК3000 с РБДРВ. В данный момент ведутся активные совместные работы специалистами ФГУП «ПО «Маяк» и ОАО «НИКИЭТ» по поиску решений данной проблемы.

Также изменения должны коснуться системной части программного обеспечения АСКУ-Р. Предполагается использовать новую версию РБДРВ, которая должна быть лишена недостатков версии, используемой в АСКУ-Л.

На базе ФГУП «ПО «Маяк» функционирует автоматизированная система непрерывного комплексного мониторинга ядерно – и радиационно опасных объектов и грузов (АСМЯРОГ). Система предназначена для обеспечения комплексного оперативного мониторинга состояния ядерной, радиационной, экологической, пожарной безопасности, энергообеспечения подразделений ФГУП «ПО «Маяк», радиационного и метеорологического контроля санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк», а также передачи оперативных данных в отраслевой центр АСМЯРОГ – ФГУП «Ситуационно-кризисный центр» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (СКЦ).

Система имеет двухуровневую распределенную структуру:

- верхний уровень – общий для предприятия;
- нижний уровень – комплекс типовых программно-технических средств, предназначенных для сбора информации о параметрах безопасности (ПБ) в подразделениях предприятия.

Верхний уровень представляет собой типовой центр комплексного мониторинга и оперативного управления объектового уровня (ЦКМ). ЦКМ включает в себя следующее:

- сервер сбора, обработки, хранения и передачи значений ПБ в СКЦ (далее – сервер ЦКМ);
- автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера.

К нижнему уровню относятся:

- типовые контроллеры сбора параметров безопасности (КСПБ) с информационных и контрольных подсистем объектового уровня и непосредственно с датчиков технологических установок, аппаратов и т. п.;

• АРМ инженера КИП (далее – АРМ КИП). Сервер ЦКМ выполняет следующие функции:

- сбор, обработку и хранение значений ПБ от всех КСПБ предприятия;
- ведение архивов значений ПБ;
- ведение отчетов тревог и событий;
- реализацию пользовательского интерфейса для АРМ диспетчера;
- передачу информации о ПБ в СКЦ.

АРМ диспетчера выполняет следующие функции:

- отображение информации о ПБ;
 - квитирование аварийных сообщений о ПБ;
 - фильтрацию аварийных сообщений о ПБ.
- КСПБ выполняют следующие функции:
- сбор ПБ объектов мониторинга;
 - математическую обработку контролируемых ПБ;
 - контроль отклонений ПБ за заданные значения (далее – уставки);
 - ведение архивов значений ПБ;
 - ведение отчетов тревог и событий;
 - диагностику состояния технического и программного обеспечения (ПО);
 - реализацию пользовательского интерфейса для АРМ КИП;
 - передачу данных о ПБ на сервер ЦКМ.

АРМ КИП выполняет следующие функции:

- отображение информации о ПБ;
- квитирование аварийных сообщений о ПБ;
- фильтрацию аварийных сообщений о ПБ;
- формирования управляющих сигналов на устройства сигнализации и оповещения.

Система АСМЯРОГ разработана специалистами «ФГУП «ПО «Маяк» и функционирует с 2011 года.

Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support of «Lyudmila» and «Ruslan» Reactor Plants: Introduction and Application

A.Maltsev, M.Koshcheev
Mayak Production Association

«Lyudmila» and «Ruslan» reactor plants belong to Mayak Production Association, the town of Ozersk. Appropriate monitoring and control are effected by means of modern instrumentation and through time-tested automatic process control system.

Development of the computer-aided acquisition and lifecycle support (CALS LF-2) began in 1987. At that stage the hardware was based on SM-2M computers. CALS was divided into the upper and lower levels at the stage. Hardware and software have been perfected, yet the principle of dividing technical data processing into level is still preserved.

The modernized CALS has been developed by NIKIET (Research and Design Institute of Electrical Engineering, Moscow), VNIPIET (Research and Design Institute of Energy Technology, Ozersk), OKSAT NIKIET, Moscow, Mayak PA, Ozersk.

Now CALS integrates over twenty functional subsystems performing definite functions: an in-vessel monitoring subsystem, a radiation control subsystem, a leakages control subsystem, a measurement control subsystem, a power supply control subsystem, etc.

CALS-L is a combination of a dual network used to transmit technical data and a supplementary network for administration and calculation.

The most essential control systems are duplicated to ensure reliability, accuracy and durability of the whole system.

CALS-L is operated by Linux-type operating system.

Information access control, review of audit events, review of the system log and the computation log are made by the infosecurity manager from an independent working place.

Processing of technical data and test information is performed by the distributed network processing complex (KROSS) developed by NIKIET specialists. KROSS is based on the real time distributed database (RTDDB). According to the adopted concept, each CALS-L unit belongs to one of the following classes:

- information source (data multiplexers – DM, computational servers – CS);
- operator stations (OS);
- engineering workstations (EWS);
- Other data recipients (archive servers).

DMs collect initial information from inspection sensors and perform initial processing and formation of generalized values and form their status. Some DMs perform simple calculations.

Oss and EWSs display technical data and testing information.

Each network unit has access to that part of information that is essential for correct operation. It ensures memory saving. It is obvious that Oss, EWSs and archive servers have the most complete database. Data transmission to clients is effected by RTDDB core. The drawbacks of RTDDB include:

- no possibility to store non-numerical information;

- transmission of only parameter values and statuses (set values, logic shutdown indicators are not transmitted);

- no control of data correction effectiveness by the operator.

Hardware components of the lower level are numerous. In the course of modernization, decision was made to use the microprocessor monitoring and control subcomplex (MMCS) that served the base of CALS-L in 1995 through 2005. But MMCS processor modules were replaced by industrial computers (data multiplexes) supplied by a driver written by our specialists. The driver records technical data received by RTDDB. Besides, DMs perform initial calculations and formation of generalized parameter values.

MMCS is not the only version of a link to the end systems. The following modules are also used:

- ADAM of Advantech 4013-D, 4018+, 4019
- MERADAT M12TXD1
- multichannel technical recorder (RMT 59).

To display mnemonic, VDESK package developed by NIKIET specialists is used. Initially, the mnemonic is one or several text files in a special language. Then a clip is compiled in vdesk language. See Fig. 1 for an example of mnemonics.

There are some complications in vdesk package application. They include the lack of a graphics editor and a clip-chart library. Besides, vdesk language is difficult to understand.

CALS introduction and utilization experience is unique since it implies the use of instruments, systems and approaches at the facility with strict information security regime.

Development of «Ruslan» computer-aided system is practically similar to the development of «Lyudmila» computer-aided system. In the period

of 1995 to 2011 the same principles were used in the development of CALS-R as were used in the development of CALS-L in 1995 to 2005.

In the development of CALS-R the lower level will be significantly modified. It is to be built on the basis of MFK3000 modules of TECON but it is difficult to couple MFK3000 with RTDDB. Now specialists of Mayak and NIKIET JSC jointly work on the problem.

Modifications will be made in the system part of CALS-R software. A new version of RTDDB will be used that has no drawbacks of CALS-L.

Mayak PA runs a computer-aided system for on-line monitoring of nuclear and radiation hazardous facilities and cargo. The system is used for comprehensive monitoring of nuclear, radiation, environmental and fire safety, power supply of Mayak divisions, radiation and meteorological control of the sanitary protection zone and the surveillance area of Mayak PA and for transmission of data to Crisis Situation Center (CSC) Federal Enterprise of Rosatom.

The system is of two-level distributed structure:

- the upper level – common for the company;
- the lower level – a set of hardware and software designed for collection of information about safety parameters in the company's divisions.

The upper level is represented by the center of integrated monitoring and operating control of the facility level. The center integrates:

- a server for collection, processing, storage and transmission of data to CSC;
- a computer workstation.

The lower level integrates:

- standard controllers of safety parameters collection from information and control subsystems of the facility level and from units sensors;
- An engineer's computer workstation.

The integrated monitoring center performs the following functions:

- collection, processing and storage of safety data received from the company's divisions;
- archives support;
- alarms and events reporting;
- interface commitment for the dispatcher's workstation;
- transmission of data to the integrated monitoring center.

The dispatcher's workstation performs the following functions:

- safety data display;
- acknowledgement of alarm statements;
- screening of alarm statement.

The controllers of safety parameters collection perform the following functions:

- collection of safety data monitored facilities;
- mathematical treatment of safety data;
- control of safety data deviations beyond the preset levels;

- safety data archives support;
- alarm statement and events reporting;
- hardware and software diagnostics;
- interface commitment for the engineer's workstation;
- transmission of safety data to CSC.

The engineer's workstation performs the following functions:

- safety data display;
- acknowledgement of alarm statements;
- screening of safety alarm statements;
- Sending monitor signals to signaling and warning devices.

The integrated monitoring system has been developed by Mayak PA specialists and has been run since 2011.

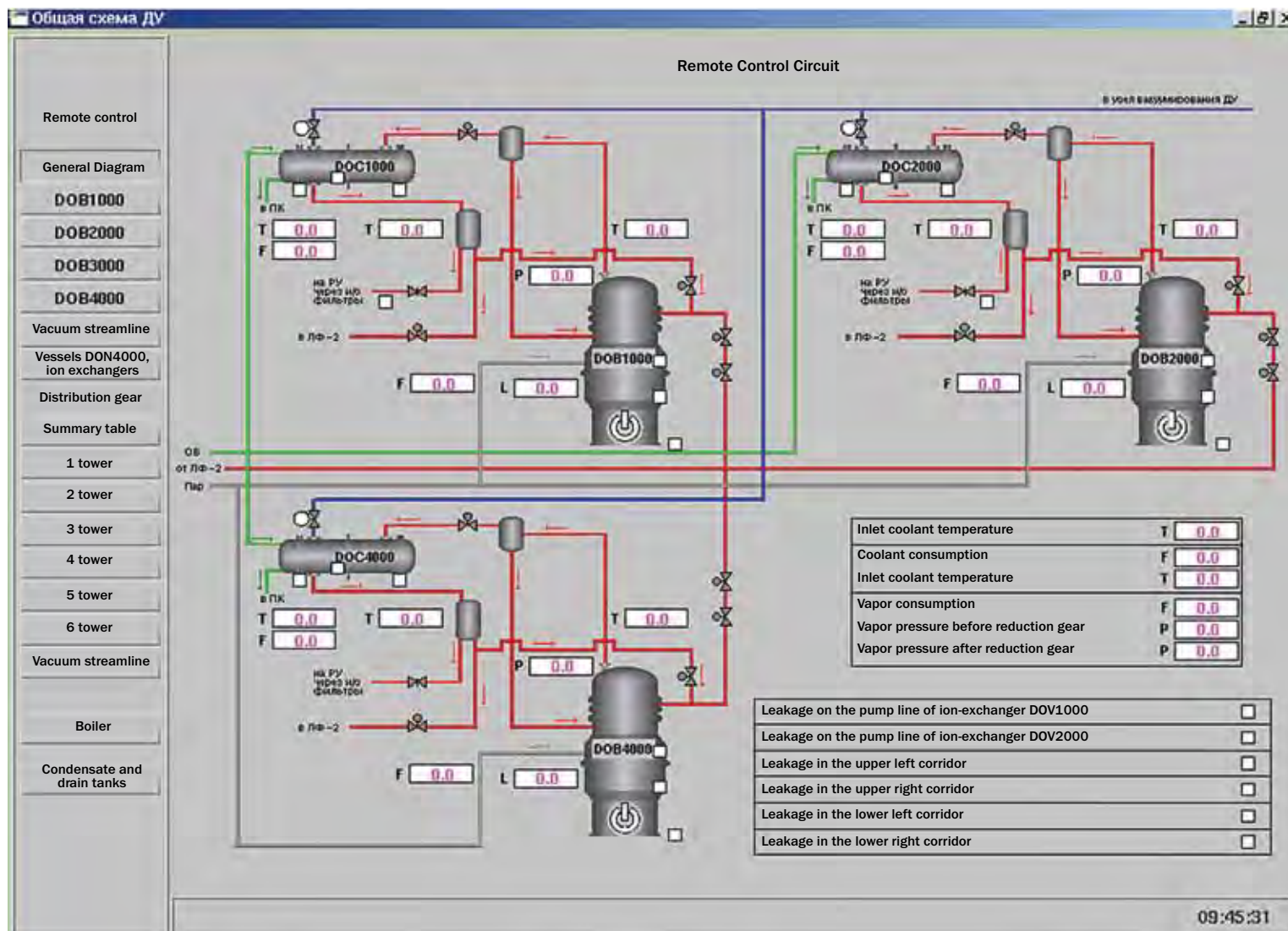


Fig. 1. CALS-L mnemonics

Тепловые сенсоры на основе биморфных МЭМС для дистанционного контроля температурного распределения

**И.А. Решетников¹, Д.Б. Рыгалин^{1,2},
Е.А. Фетисов^{1,2}, Р.З. Хафизов^{2,3}**
¹НИУ МИЭТ, ²ОАО «Зеленоградский
инновационно-технологический центр»,
³ООО «Элем Инфо»

Температура – важнейшее свойство любых объектов. Контроль и измерение температуры – один из самых распространенных видов наблюдений за любыми объектами. Существует немало методов измерения и контроля температуры, однако один из самых «заманчивых» методов измерения является измерение температуры и пространственного распределения температуры по поверхности объектов дистанционно (пирометрия и термография), т.е. путем измерения интенсивности теплового излучения тел и определения его пространственного распределения.

Одним из перспективных направлений развития в пирометрии и термографии в последние годы стало применение микроэлектромеханических систем (МЭМС) на основе биморфных кантилеверов в качестве одноэлементных или многоэлементных (матричных) сенсоров (приемников) теплового излучения в диапазоне длин волн 7-14 мкм.

В основе функционирования данного типа сенсоров лежит термомеханический эффект, в соответствии с которым при изменении температуры приёмной части (теплочувствительной мембраны) происходит изгиб биматериальной микроконсоли. Изгиб возникает из-за разности коэффициентов теплового расширения (КТР) используемой пары материалов. Пара образуется из материала с малым КТР (например, из нитрида кремния) и из материала с большим КТР (например, из алюминия). Величина отклонения микроконсоли при изменении температуры наблюдаемого ИК-объекта на 1 К составляет от нескольких единиц до нескольких сотен нанометров.

Сенсоры на основе биморфных МЭМС имеют два основных вида реализации: сенсоры с электрическим и оптическим считыванием сигнала. В данной работе рассматриваются матричные тепловые сенсоры на МЭМС с оптическим считыванием сигнала.

В последние годы особый интерес для исследователей-разработчиков представляют матричные приемники инфракрасного излучения на основе биморфных структур. Приемники ИК-излучения на основе биморфных структур при правильном построении оптической системы смогут обеспечить эквивалентную шуму разность температур NETD ≈ 20 мК, в чем не уступают матрицам микроболлометров, при этом являясь технологически значительно менее сложными.

Данный тип матричных приемников теплового излучения в перспективе позволит создавать тепловизионные приборы нового поколения, которые смогут работать в жестких условиях эксплуатации, в том числе при воздействии ионизирующих излучений. Так, согласно литературным источникам, исследованные аналогичные структуры биморфных микрокантилеверов показали высокую

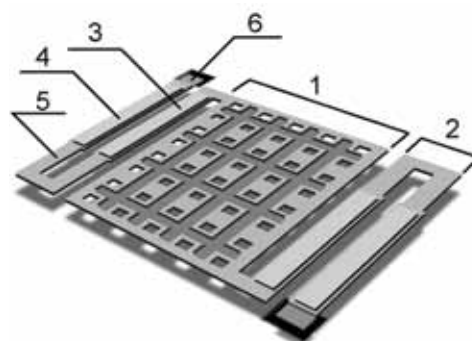


Рис. 1. Схематичное представление сенсора теплового излучения на биморфных МЭМС
Fig. 1. Schematic representation of a bimorph MEMS thermal sensor

устойчивость к воздействию λ -излучению и рентгеновскому излучению.

Силами нашего коллектива разработаны и изготовлены образцы матричных приемников теплового излучения на основе биморфных чувствительных элементов.

Чувствительные МЭМС элементы, являющиеся элементарными ячейками матрицы, представляют собой микрозеркала (или микрокантилеверы), подвешенные над Si подложкой на высоте около 2,5 мкм. Схематичное представление сенсора теплового излучения на биморфных МЭМС представлено на рис. 1.

Размер ячейки матрицы в плане составляет 25-50 мкм при суммарной толщине слоев менее 1 мкм. Теплочувствительная мембрана биматериального сенсора (см. рис. 1, поз. 1) изготовлена из нитрида кремния толщиной около 400 нм. Мембрана подвешена над поверхностью подложки на расстоянии примерно

500 нм с помощью микроконсолей (поз. 2), которые также изготовлены из нитрида кремния.

Для уменьшения деформаций, возникающих в процессе изготовления, мембрана содержит армирующую сетку (рёбра жёсткости). Микроконсоли биматериальных приёмников имеют два плеча. Одно плечо – рабочее (поз. 3), дающее отклик на изменение температуры, и второе плечо – компенсирующее (поз. 4), оно предназначено для предотвращения нагрева чувствительных элементов от подложки. Кроме того, компенсирующее плечо служит для противодействия термическим деформациям, которые возникают в ходе выполнения высокотемпературных технологических операций при изготовлении. Для снижения теплообмена между чувствительным элементом и подложкой микроконсоль имеет участок термоизоляции (поз. 5). Биматериальный ИК-приёмник крепится к подложке в двух местах (поз. 6). С целью снижения теплообмена между чувствительным элементом и подложкой ИК-приёмник должен размещаться в вакуумированном корпусе.

На рис. 2 показана последовательность технологических операций формирования теплового сенсора на биморфных МЭМС. Исходной подложкой для формирования теплового сенсора на основе биморфных МЭМС является монокристаллический Si. Процесс изготовления состоит из 5 – 7 фотолитографических циклов и включает в себя следующие основные процессы формирования элементов: осаждение жертвенного слоя SiO₂; осаждение Si₃N₄; напыление и травление слоев NiCr и Al; травление слоя Si₃N₄ и наконец удаление жертвенного слоя. Таким образом, технологические

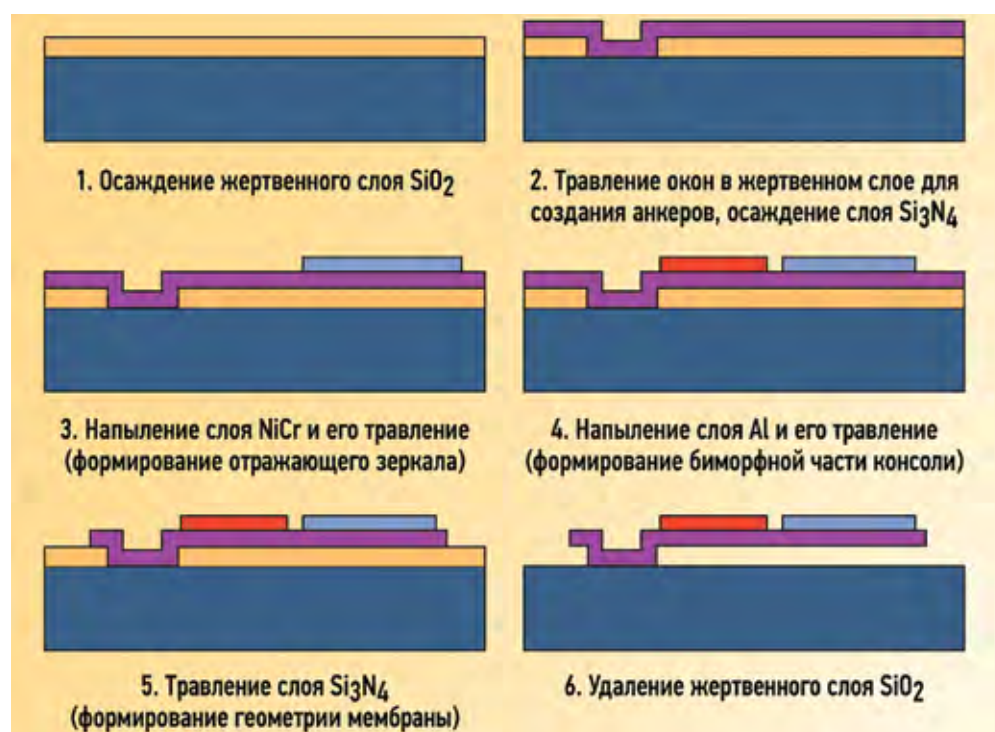


Рис. 2. Последовательность технологических операций для формирования теплового сенсора на биморфных МЭМС

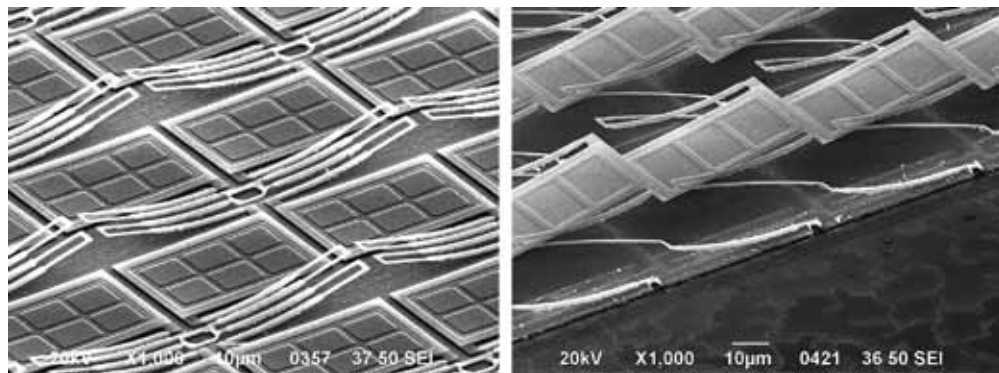


Рис. 3. Изображения элементов биморфных МЭМС, имеющие различные конструкции
Pic. 3. Images of bimorph MEMS elements of various construction

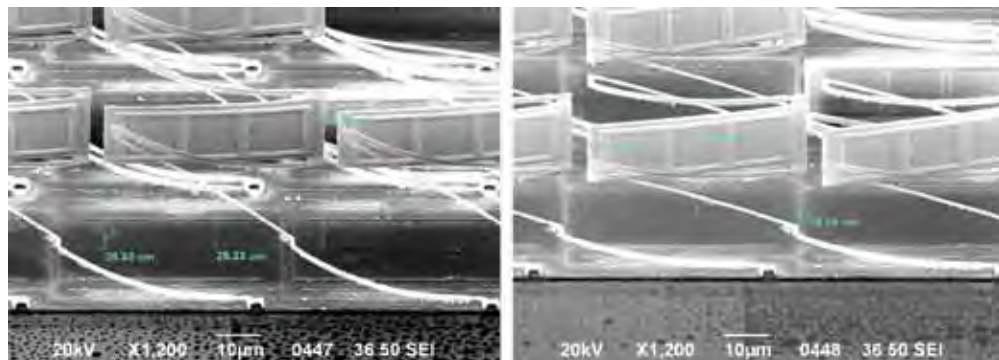


Рис. 4. Изображения ячеек теплового сенсора, находящихся при двух различных температурах: – 24°C (справа) и +150°C (слева) / Pic. 4. Cells of a thermal sensor under two different temperatures – 24°C (on the right) and +150°C (on the left)

операции, применяемые при изготовлении сенсоров на биморфных МЭМС, совместимы со стандартными технологическими процессами микроэлектроники.

В результате проведенных работ нашему коллективу удалось разработать и изготовить экспериментальные образцы тепловых сенсоров на основе биморфных МЭМС со степенью интеграции до 160x120 элементов.

На рис. 3 приведены изображения элементов биморфных МЭМС, имеющие различные конструкции. Изображения получены с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ).

На изображениях четко видны теплочувствительные мембраны, подвешенные над подложкой на биматериальных консолях. Высота подъема мембраны (без воздействия температуры) зависит от конфигурации биматериальной консоли и способа закрепления мембраны и консоли (по одной стороне мембраны или по диагонали).

Для измерения термомеханических деформаций тепловых сенсоров использовался РЭМ JSM-6490LV (Jeol, Япония) и вакуумсовместимый столик, обеспечивающий установку, под-

держание и измерение температуры образца от -30°C до +160°C. Применение данного оборудования позволило визуально наблюдать за функционированием биморфных сенсоров под воздействием температуры.

На рис. 4 приведены изображения ячеек теплового сенсора, находящихся при двух различных температурах: – 24°C (справа) и +150°C (слева). По установленным маркерам можно оценить величину отклонения теплочувствительной мембраны относительно подложки в диапазоне температур, для данного образца оно составило 10 мкм.

Проведенные таким методом исследования полученных экспериментальных образцов с различными конфигурациями сенсоров позволили вычислить термомеханическую чувствительность $K=(z_1-z_2)/(T_2-T_1)$, которая составила около 100 нм/°C (для наиболее удачных конфигураций чувствительных элементов).

Следующим этапом в исследовании тепловых сенсоров на основе МЭМС стало проецирование ИК-изображения на матрицу сенсоров. Спроецированное на матрицу тепловых сенсоров изображение должно привести к изменению положения (высоты) теплочувстви-

тельных мембран, что приведет к изменению всего рельефа матрицы.

Для исследования рельефа матрицы, находящейся под воздействием ИК-излучения, был использован оптический профилометр (интерферометрический микроскоп) Wyko NT9300 (Bruker, Германия) и отдельные компоненты, включающие в себя вакуумный корпус с входными окнами, прозрачными в видимой или ИК-области (7-14 мкм) спектра, а также ряд компонентов, позволяющих закрепить компоненты стенда на оптической оси под объективом микроскопа. В качестве источника ИК-излучения использовалось абсолютно черное тело Micron 316, а также ряд стандартных оптомеханических компонентов, позволяющих спроецировать изображение на матрицу. Фотография стенда для исследования отклика матрицы приведена на рис. 5 (справа) и вакуумная камера с размещенной в ней матрицей тепловых сенсоров на МЭМС (слева).

В данный момент исследования матриц тепловых сенсоров на МЭМС не закончены и проводятся на приведенном выше стенде, а также с помощью тепловизионного микроскопа FLIR SC5700 с разрешением по температуре 25 мК.

Выводы

Разработанные тепловые сенсоры на МЭМС имеют следующие преимущества: более дешёвое производство по сравнению с производством ИК-приемников на основе микроболюметров; нет необходимости в охлаждении приёмника до криогенных температур; данный тип приемников обещает быть более устойчивым к воздействию специальных факторов.

Для построения приборов на основе разработанных тепловых сенсоров на МЭМС существует ряд технических проблем, однако преодоление этих сложностей позволит создать тепловизор, обладающий рядом преимуществ относительно существующих на данный момент промышленных технологий.

Предложенные матрицы тепловых сенсоров на МЭМС могут найти широкое применение в аппаратуре, применяемой как в военной, так и в гражданской сферах. В качестве гражданского применения следует отметить такие области, как строительство, промышленность, энергетика и жилищно-коммунальное хозяйство, автотранспорт, службы спасения в медицине.

Работа выполнена при поддержке министерства образования и науки Российской Федерации (государственный контракт № 14.514.11.4074).



Рис. 5. Фотография стенда и вакуумная камера с размещенной в ней матрицей тепловых сенсоров на МЭМС
Pic. 5. Photo of a stand and a vacuum chamber containing a matrix of MEMS thermal sensors (to the left)

Thermal Sensors Based on Bimorph MEMS for Remote Control over Thermal Distribution

I. Reshetnikov¹, D. Rygalin^{1,2},
E. Fetisov^{1,2}, R. Khafizov^{2,3}

¹ National Research University of Electronic Technology MIET, ² «Zelenograd innovation and technology centre» OJSC (ZITC), ³ «Elem Info» LLC

Temperature is the most important property of all the objects. Temperature measurement and control represent one of the most common methods of site surveillance. There are numerous approaches to measuring and controlling the temperature, but one of the most attractive measurement methods implies remote measuring of the temperature and spatial thermal distribution over the surface of objects (pyrometry and thermography), that is through measuring the intensity of thermal radiation of bodies and determining its spatial distribution.

An upcoming trade in pyrometry and thermography development today is application of microelectromechanical systems (MEMS) based on the bimorph cantilevers as single or multi (matrix) sensors (detectors) of thermal radiation in the wavelength range of 7-14 microns.

Sensors of this type operate based on the principle of thermomechanical effect, according to which temperature variation of a receiving part (thermosensitive membrane) causes bimaterial microcantilever bending. Bending occurs because two types of materials used are different in coefficients of thermal expansion (CTE). A twin is formed from a material with low CTE (e.g. silicon nitride), and a high CTE material (such as aluminum). The rate of microcantilever deflection, that occurs when the temperature of an observed infrared object changes by 1 K, varies from a few to several hundred nanometers.

Bimorph MEMS-based sensors have two main types of implementation: sensors with electrical or optical signal reading. In this paper we shall consider matrix thermal MEMS-based sensors with optical signal reading.

In recent years, R&D developers take particular interest in matrix infrared detectors based on bimorph structures. Subject to proper construction of the optical system IR radiation detectors based on bimorph structures can provide noise equivalent temperature difference NETD \approx 20 mK, thus they are in no way inferior to microbolometer matrices, while being considerably less technologically sophisticated.

In the long run this type of matrix thermal detectors will enable a new generation of thermal imaging devices that can operate in harsh environment, including the effects of ionizing radiation. Thus, according to published sources, after proper examination similar structures of bimorph microcantilevers showed high resistance to λ -rays and X-rays.

Due to joint efforts of our team samples of matrix thermal detectors based on bimorph sensor elements were designed and manufactured.

Sensitive MEMS elements that are elementary cells of the matrix represent micromirrors (or microcantilevers) suspended above the Si substrate at the height of about 2.5 microns. Schematic representation of a bimorph MEMS thermal sensor is shown on Pic. 1.

The mesh size in a matrix under the plan is 25-50 microns, with a total layer thickness of less than 1 micron. A bimaterial thermosensitive membrane in a sensor (see Pic. 1, Pos. 1) is made of silicon

nitride about 400 nm thick. The membrane is suspended above the substrate at a distance of approximately 500 nm using microcantilevers (Pos. 2), which are also made of silicon nitride.

To reduce deformations that may occur while manufacture, the membrane comprises a reinforcing net (stiffeners). Microcantilevers of bimaterial detectors have two shoulders. One shoulder is a working one (Pos. 3), which provides feedback on changes in temperature, whereas the other is a compensating shoulder (Pos.4) designed to prevent heating of substrate sensitive elements. Moreover, a compensating shoulder serves to counteract thermal deformations arising while manufacture during high-temperature technological operations. To reduce thermal exchange between a sensor element and a substrate a microcantilever has an area of thermal insulation (Pos. 5). A biomaterial IR detector is attached to a substrate at two locations (Pos. 6). In order to reduce thermal exchange between a sensor element and a substrate an IR detector shall be placed into a vacuumized housing.

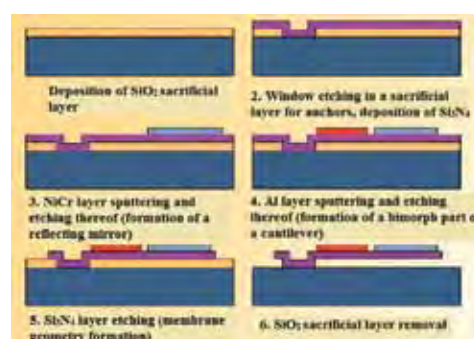
Picture 2 shows a sequence of technological operations aimed at forming a bimorph MEMS thermal sensor. A blank substrate for forming a bimorph MEMS thermal sensor is a single-crystal Si. The manufacturing process consists of 5-7 photolithographic cycles and includes the following basic processes of forming the elements: deposition of SiO₂ sacrificial layer; deposition of Si₃N₄; deposition and etching of NiCr and Al layers; Si₃N₄ layer etching, and finally, removing the sacrificial layer. Thus, technological operations applied in production of bimorph MEMS sensors are compatible with standard microelectronic processes.

As a result of joint efforts undertaken by our team experimental samples of MEMS bimorph thermal sensors with an integration degree of up to 160x120 elements were designed and manufactured.

Pic. 3 shows images of bimorph MEMS elements of various construction. Images were obtained through a scanning electron microscope (SEM).

Images clearly show thermosensitive membranes suspended over the substrate on bimaterial cantilevers. Membrane rising height (under no temperature impact) depends on the configuration of a bimaterial cantilever and the method of fixing a membrane and a cantilever (along one side of the membrane or cornerwise).

To measure thermomechanical deformations of thermal sensors, they used a scanning electron microscope JSM 6490LV (Jeol, Japan) together



Sequence of technological operations enabling the formation of a bimorph MEMS thermal sensor

with a vacuum-compatible table ensuring installation, maintenance and measurement of a sample temperature from -30°C to +160°C. Application of such equipment allowed to visually observe functioning of bimorph sensors under temperature impact.

Pic. 4 shows cells of a thermal sensor located under two different temperatures – 24°C (on the right) и +150°C (on the left). By established markers one can estimate the rate of a thermosensitive membrane deflection against a substrate in a temperature range; for the given sample, deflection was 10 microns.

Research conducted using such method into experimental samples obtained with different configurations of sensors allowed to calculate thermomechanical sensitivity of $K=(z_1-z_2)/(T_2-T_1)$, which approximated 100 nm/°C (for most successful configurations of sensitive elements).

The next step in studying MEMS-based thermal sensors implied projecting of an infrared image onto a matrix of sensors. Projected on the matrix of thermal sensors the image should lead to a change in position (height) of thermosensitive membranes, which then leads to changes in matrix relief.

In order to study topography of the matrix exposed to infrared radiation an optical profilometer (interferometric microscope) Wyko NT9300 (Bruker, Germany) has been used together with individual components comprising a vacuum housing with inlet windows transparent in the visible or infrared (7-14 m) area of the spectrum, as well as a number of components used to fix the components of the stand on the optical axis under the microscope lens.

Sources of infrared radiation included a blackbody Micron 316, as well as a number of standard optomechanical components used to project an image onto the matrix. Photo of a stand used to research matrix response is shown on Pic. 5 (to the right) together with a vacuum chamber containing a matrix of MEMS thermal sensors (to the left).

Currently studies into matrices of MEMS thermal sensors are not finished and are held on the above stand, and using a thermal imaging microscope FLIR SC5700 with temperature resolution of 25 mK.

Conclusions

The designed MEMS thermal sensors have the following advantages: cheaper production compared to the production of microbolometer-based IR detectors; there is no need to cool a detector to cryogenic temperatures; this type of detector is going to be more resistant to the impact of special factors.

In order to build devices based on such MEMS thermal sensors one has to overcome a number of technical problems, but meeting these challenges will enable a thermal imager characterized by certain advantages over currently existing industrial technologies.

The proposed array of matrices of MEMS thermal sensors can be widely applied in equipment used in both military and civilian domains. Civil application shall include such areas as construction, industry, energy, housing and utilities, transport, medical emergency services.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state contract No. 14.514.11.4074).

Автоматизация процессов электронно-лучевой сварки и обработки элементов конструкций

В.А. Куликов, С.А. Собко
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИФ им. академика
Е.И. Забахина»

Введение

Совершенствование систем управления процессом сварки ответственных изделий является актуальной задачей, решение которой позволяет исключить образование дефектов в сварном шве, увеличить надежность сварных соединений, повысить производительность труда и снизить затраты на изготовление узлов.

Цель данной работы заключалась в автоматизации электронно-лучевых технологических процессов, включая этапы сборки, сварки и контроля качества свариваемых конструкций.

Точное позиционирование, равномерное перемещение свариваемого изделия относительно электронного луча и активное управление параметрами электронно-лучевой установки (ЭЛУ) является основой автоматизированного управления технологическим процессом электронно-лучевой сварки (ЭЛС) с точки зрения обеспечения требуемых параметров шва.

Контроль качества сборки (зазоров, деформаций, биений) перед сваркой является необходимым элементом в технологии изготовления сварных соединений. Применение системы контроля качества сборки позволяет производить оценку основных геометрических параметров сборки изделия при механическом позиционировании, а также позволяет осуществлять паспортизацию отклонений механических характеристик сборки до сварки и после сварки с одновременным документированием качества сварного шва.

Основными задачами разработки системы автоматизации ЭЛС являлись: модуль управления, система позиционирования свариваемого изделия, система слежения за стыком, система контроля качества сборки свариваемых изделий перед сваркой, система документирования параметров процесса.

По результатам анализа основных принципов построения комплексов ЭЛС, используемых в мировой практике, разработана концепция автоматизированного управления процессом сварки, в которой учтено:

- распределение задач между специализированными группами оборудования;
- регистрация основных технологических параметров процесса сварки;
- информационное взаимодействие между группами оборудования;
- учет факторов, влияющих на процесс сварки;
- контроль формирования сварного соединения;
- контроль образования оперативного исправления дефектов в процессе сварки.

Концепция автоматизации ЭЛС структурно представлена на рис. 1.

Суть концепции заключается в распределении ресурсоемких задач между отдельными функционально законченными группами оборудования, объединенными единой информационной сетью.

Автоматизированная система ЭЛС по роду выполняемых задач разделена на четыре груп-



Рис. 1. Концепция автоматизации ЭЛС

пы оборудования: оборудование мониторинга, сварочное оборудование, оборудование управления и центральный терминал системы управления комплексом ЭЛС (рис. 2).

Основное ядро управления сосредоточено в главном терминале, управляющем всем комплексом ЭЛС и системой контроля качества сборки и сварки. Структура терминальной части представляет собой многослойную программную среду, включающую: общую модель поведения комплекса ЭЛС в целом; модель процесса сварки; функциональные узлы информационного взаимодействия с физическим уровнем комплекса (конечным оборудованием управления и документирования); системы контроля качества и документирования процесса ЭЛС.

Система управления установкой состоит из автономных модулей, имеющих информа-

ционные связи непосредственно с управляющим ядром и системой датчиков. Модульная структура автоматизированной системы ЭЛС выбрана с учетом необходимости разделения выполняемых задач между вычислительными ресурсами комплекса и обеспечения возможности интеграции системы в сварочные установки, имеющие различную степень автоматизации. Такая структура позволяет значительно снизить требования по производительности к главному ядру системы управления и свести контроль за всеми функциями в единый терминал управления. Посредством терминала управления оператор получает возможность осуществлять управление всеми параметрами технологического процесса ЭЛС, производить паспортизацию процесса сварки и иметь объективную информацию в удобном для восприятия виде.

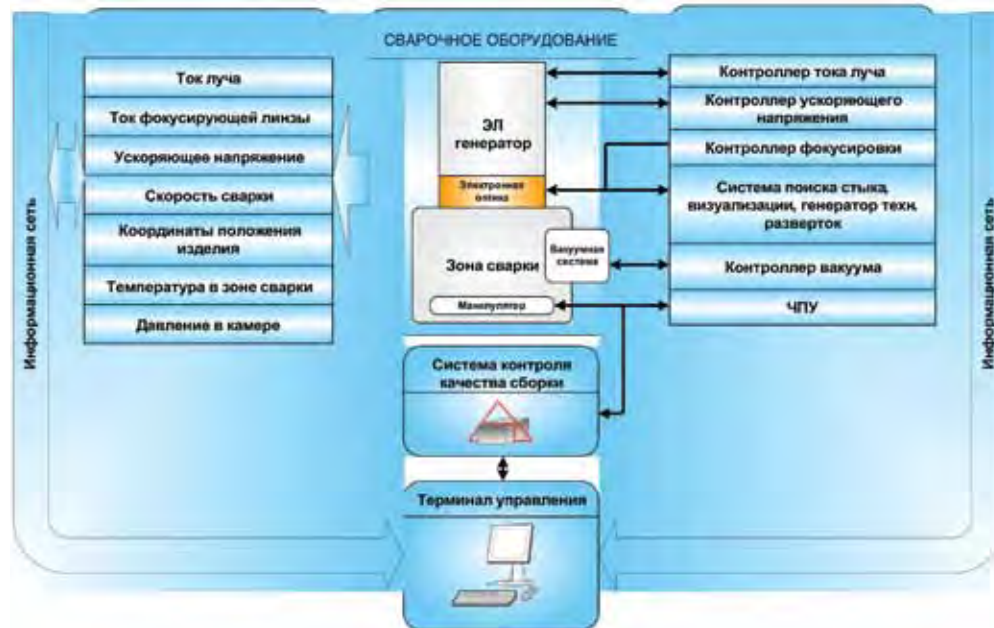


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации ЭЛС



Рис. 3. Внешний вид сварочного манипулятора с установленной СККС

Так как качество сварки, в особенности тонкостенных соединений, в значительной мере зависит от качества сборки свариваемой конструкции, в предлагаемой концепции предусмотрена система контроля качества сборки (СККС) изделия. Эта система предназначена для определения вероятности возникновения в свариваемом изделии дефектов, связанных с некачественной сборкой, еще до начала процесса сварки и дает возможность своевременно устранить обнаруженные погрешности сборки.

Основным инструментом СККС принят метод лазерной триангуляции. Такой выбор обусловлен тем, что контроль качества сборки свариваемого изделия осуществляется непосредственно перед загрузкой в камеру до сварки. Когда свариваемое изделие находится в сварочной оснастке и установлено в манипулятор, доступ к самому соединению измерительными инструментами контактного типа ограничен.

В общем виде СККС включает манипулятор для механического перемещения свариваемого изделия, лазерный сенсор LLT-2810 фирмы Micro Epsilon со специализированной оснасткой и специализированное программное обеспечение (ПО). На рис. 3 представлен внешний вид разработанного манипулятора с установленным лазерным сенсором и результат сканирования кольцевого соединения в виде 3-мерной развертки (рис. 4).

Манипулятор предназначен для сварки круговых и кольцевых швов и снабжен датчиком усилия поджатия фирмы Burster.

Для обеспечения работоспособности СККС разработаны:

- электроввод в камеру сварочной установки для обеспечения работы манипулятора и датчиков процесса ЭЛС;
- ПО для управления процессом ЭЛС совместно с манипулятором;
- ПО, обеспечивающее сканирование свариваемого изделия до и после сварки на наличие дефектов.

Тестирование СККС подтвердило работоспособность системы контроля качества сборки свариваемых конструкций.

Для реализации автоматизированных процессов ЭЛС наряду с управлением механическим позиционированием изделия относительно электронного луча необходимо управление позиционированием самого луча относительно свариваемого изделия. В системах ЧПУ отдельные контролируемые параметры представлены в виде осей управления. В системе управления ЭЛС введены дополнительно к механическим осям перемещения изделия еще и «электрические» оси управления основными параметрами процесса сварки. Для позици-

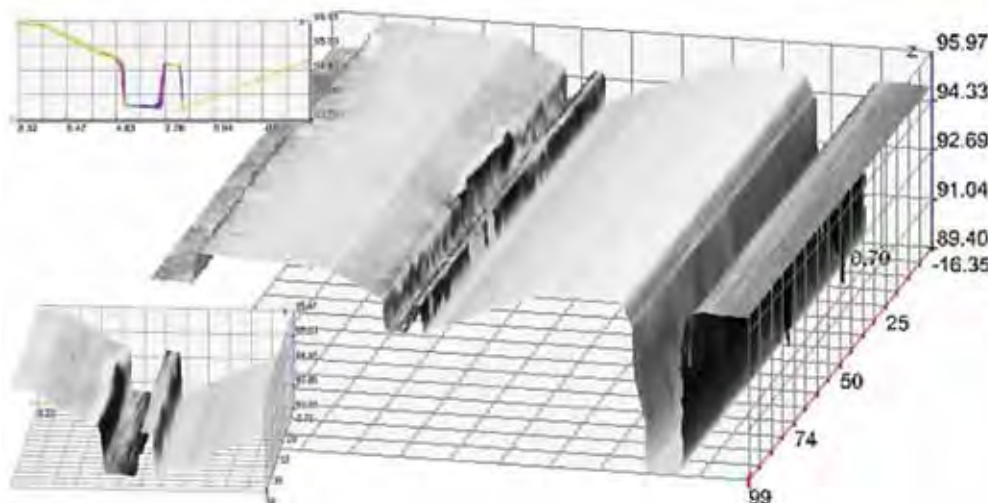


Рис. 4. Результат сканирования кольцевого соединения с буртами

онирования электронного луча относительно стыка разработано соответствующее ПО ЧПУ электрическими и механическими осями, включая: скорость вращения изделия, позиционирование луча, управление фокусировкой и током луча. Программирование перемещения луча по траектории сварки осуществляется с использованием стандартного для систем ЧПУ G-кода.

Одной из важнейших задач для обеспечения качественной сварки, особенно тонкостенных изделий, является ведение луча по стыку сварного соединения. В данной системе управления ЭЛС принят растровый метод поиска стыка и визуализации поверхности изделия (рис. 5). Разработаны и экспериментально протестированы основные алгоритмы процесса наведения электронного луча на круговые и кольцевые стыки, а также стыки сложной конфигурации с использованием цифровой обработки изображений поверхности изделия в режиме отраженных электронов.

Система наведения луча на стык свариваемого изделия использует быстродействующие программируемые микросхемы ПЛИС фирмы ALTERA и усилители отклонения. Это позволяет на основе анализа электронных изображений осуществлять поиск стыка с применением алгоритмов цифровой обработки сигналов.

Для обеспечения воспроизводимости процесса ЭЛС и качества сварных соединений разработан метод юстировки системы отклонения луча, основанный на специализированном ПО с использованием тест-объекта специальной геометрической конфигурации (рис. 5). Система юстировки электронного луча позволяет получить информацию о пропорциональности отклонения луча на фактически заданные системой управления расстояния, а также об энергетическом распределении в сечении электронного луча посредством реконструкции его одномерных профилей.

Для увеличения быстродействия системы развертки и увеличения размера зоны сканирования разработан и изготовлен блок динамического отклонения и фокусировки. Блок позволяет увеличить угол отклонения луча до 70°.

На базе разработанных систем реализована технология многолучевой сварки. Многолучевая сварка, основанная на точечном координатном сканировании луча, позволяет обеспечить качественную сварку переходников к оболочечным конструкциям.

Современные установки ЭЛС имеют системы ЧПУ механическими и электрическими осями, а также системы визуализации и поиска стыка. Однако, эти системы имеют ограниченные функции, ориентированные только на определенные типовые соединения. Опциональная интеграция разработанной системы автоматического управления в установки ЭЛС позволяет значительно расширить технологические возможности оборудования.

Выводы

Разработанная система автоматизации ЭЛС позволяет выполнять:

- настройку системы позиционирования луча;
- сварку сложнопрофильных оболочечных конструкций в программном режиме с использованием стандартного G-кода;
- сварку с наведением луча на стык;
- многолучевую сварку;
- широкозонную обработку и визуализацию поверхности.

Модульная структура автоматизированной системы ЭЛС обеспечивает возможность интеграции системы в сварочные установки, имеющие различную степень автоматизации и позволяет значительно расширить технологические возможности оборудования.

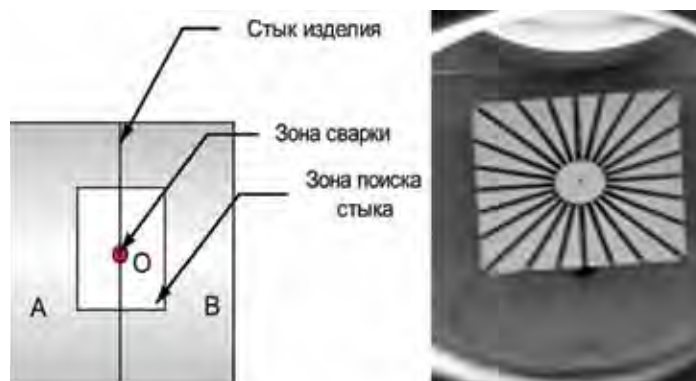


Рис. 5. Схема растрового метода поиска стыка и визуализации поверхности изделия и результат сканирования изделия со сложной геометрией в режиме отраженных электронов

Electron-Beam Welding and Construction Elements Processing Automation

V.Kulikov, S.Sobko, Russian Federal Nuclear Center – Russian Research Institute of Applied Physics named after Academician Zababakhin

Introduction

Improvement of welding control systems for manufacturing of major products is an important task that, if completed, will help to eliminate weld seam defects, enhance reliability of weld joints, increase the production efficiency and lower the subassembly production cost.

The goal of the project was to automate the electron-beam manufacturing process, including the assembly, welding and quality control phases.

Accurate positioning, steady movement of the welded piece relative to the electron beam and active control of electron-beam unit (EBU) parameters are key factors that contribute to the automated control of electron-beam welding (EBW) process as far as the weld seam requirements are concerned.

Quality control of the assembly process (gaps, warps and wobbling regulation) before the start of welding is an essential element of weld joints manufacturing process. Assembly quality control system allows evaluating major geometrical parameters of the piece during its positioning as well as registering deviations of mechanical characteristics before and after the welding with the simultaneous record of the weld seam quality.

The main goals of the EBW automation system development were set as follows: control modules, weld piece positioning system, weld joint tracking system, weld piece quality control system before the welding, process parameters record system.

The analysis of EBW best practice principles helped to develop the concept of automated welding process control that includes:

- distribution of tasks among special-purpose sets of equipment;
- recording key welding process parameters;
- communication between sets of equipment;
- consideration of factors contributing to the welding process;
- weld joint formation control;
- control of immediate defect fixing during the welding process.

The concept structure of EBW automation is shown in fig. 1.

The concept idea is to distribute the recourse-intensive tasks among separate functional sets of equipment, united by single information system.

According to the tasks performed automated EBW system is divided into four sets of equipment: monitoring equipment, welding equipment, control equipment and central terminal of EBW control system (fig. 2).

The control core is concentrated in the main terminal that controls the whole EBW complex and quality control system for assembly and welding processes. The terminal structure is a

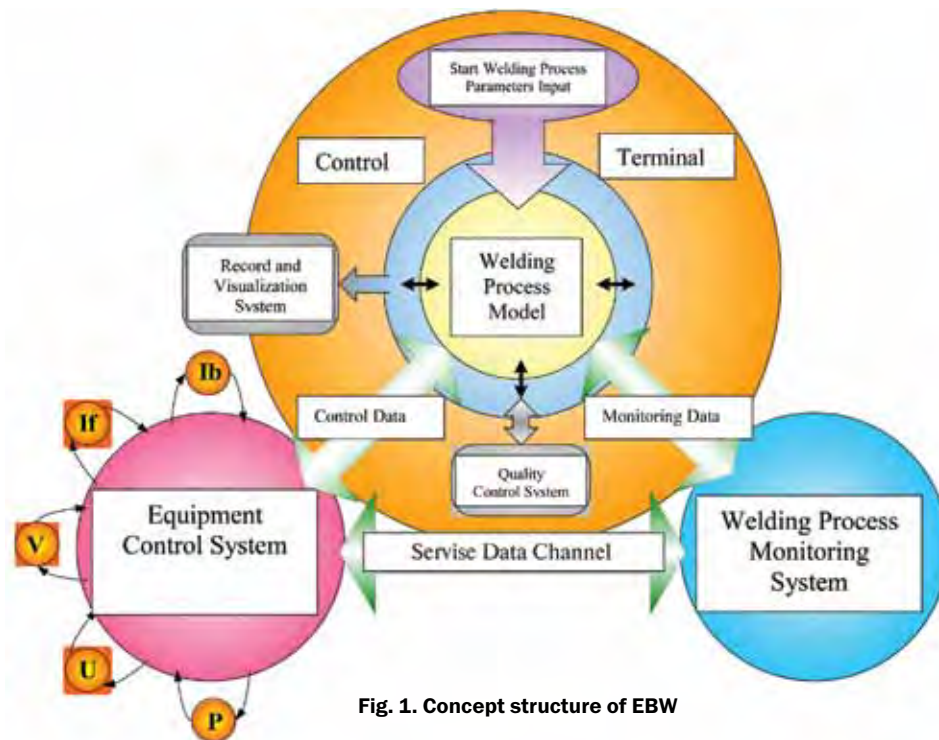


Fig. 1. Concept structure of EBW

multi-layered software package that includes EBW complex general operation pattern; welding process pattern; functional units for communication with the complex hardware (end control and record equipment); EBW process quality control and record systems.

The unit control system consists of self-contained modules that are data coupled directly with the control core and the system of sensors. Module structure of EBW automated system was chosen due to the need for distribution of tasks to

be performed among the computing resources of the complex and the need for possible integration of the system into welding units that have different level of automation. Such structure offers the possibility to lower the production efficiency requirements for the main control system core and to bring the control of all the functions into single control terminal. With the help of control terminal operator is able to control all the EBW process parameters, to record the welding process characteristics and to get the objective data presented in an easy-to-read way.

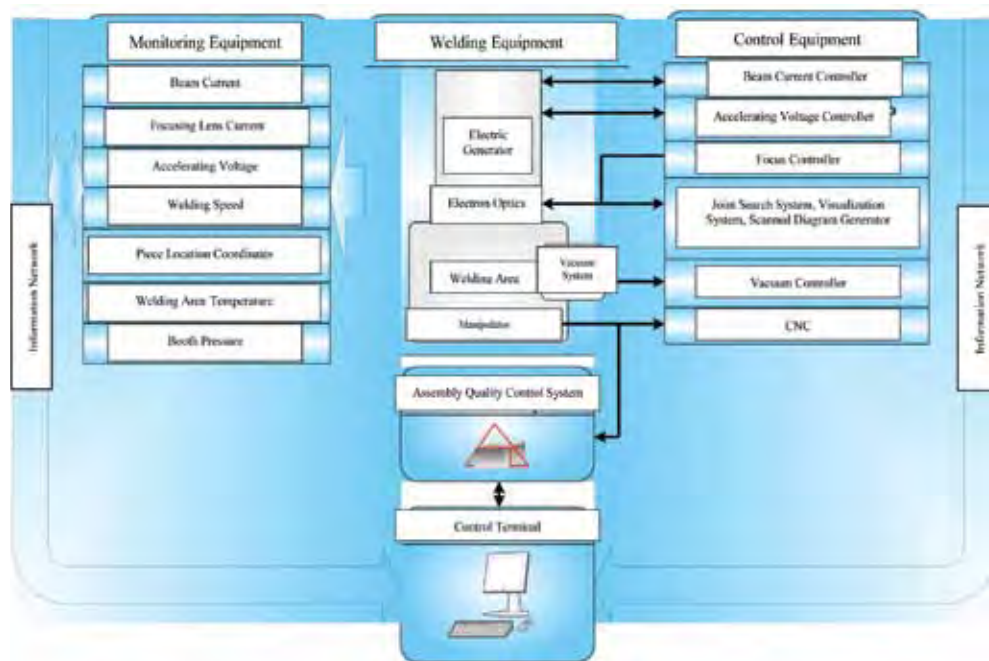


Fig. 2. Functional Diagram of EBW Automation



Fig. 3. Exterior of the Welding Manipulator with AQCS

As the quality of welding, especially the quality of thin-walled weld joints, depends a lot on the assembly quality of the piece to be welded, the concept envisages the piece assembly quality control system (AQCS). This system is designed for determining the probability of welding defects related to poor assembly before the start of the welding process and provides the opportunity to fix the detected assembly flaws.

The key AQCS tool is the laser triangulation method. It was decided to use this method because it helps to check the assembly quality right before loading the part into the welding booth. When the piece to be welded is positioned in the weld tooling and set in the manipulator, it is hard to access the weld joint with the contact measuring tools.

AQCS includes manipulator for moving the welded piece, laser sensor LLT-2810 by Micro Epsilon company with special-purpose tooling and software. Fig. 3 shows the exterior of the manipulator with the laser sensor and the result of scanning the ring joint in the form of three-dimensional diagram (fig. 4).

The manipulator is designed for welding circular and girth seams and is equipped with Burster compressive force sensor.

In order to provide for AQCS operation capability the following elements were developed:

- power point in the welding unit booth for the operation of manipulator and EBW process sensors;
- software for controlling EBW process together with the manipulator;
- software for scanning the welded piece before and after the welding in order to find any defects.

AQCS testing proved the operation capability of the assembly quality control system.

In order to implement automated EBW processes apart from controlling the positioning of the welded piece relative to the electron beam it is also needed to control the beam itself relative to the welded piece. In CNC systems separate controlled parameters are presented as control axis. In EBW control system in addition to the mechanical axis for moving the piece there are also «electronic» axis for controlling key welding processes parameters. For the purpose of positioning the electron beam relative to the weld joint the following electronic and mechanical axis CNC software has been developed: piece rotation speed, beam positioning, focus and beam current controls. The beam movement according to the welding trajectory is programmed with the help of standard CNC G-code.

One of the key factors providing for the high quality of the welding, especially if we speak

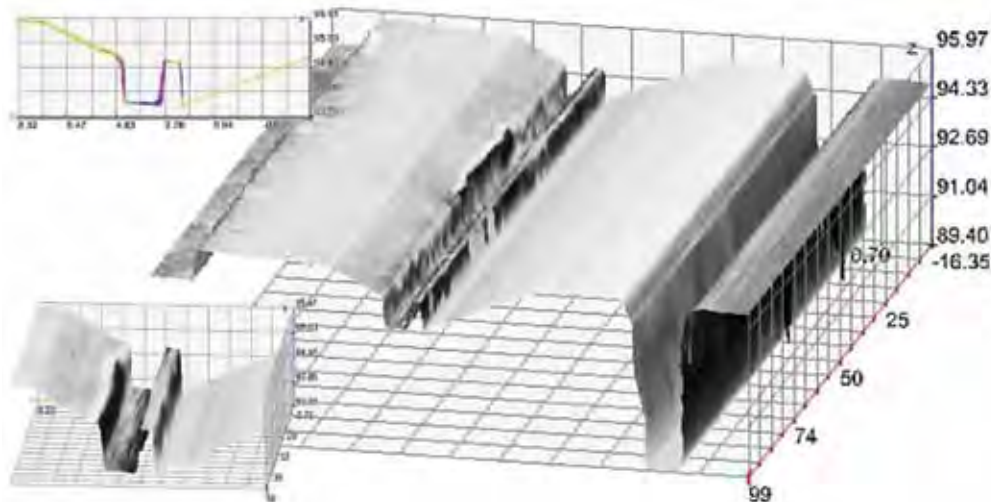


Fig. 4. Ring Joint with Clams Scanned

about the welding of thin-walled pieces, is the movement of the beam along the weld joint. In the EBW control system the beam-scanning method of weld joint searching is used as well as the piece surface visualization (fig. 5). Major algorithms for aiming the electron beam at ring and girth joints as well as joints of complex configuration using digital surface image processing in the reflected electrons mode have been developed and tested.

The system used for aiming the beam at the weld joint applies fast-speed programmable microchips PLIS made by ALTERA company and deflection amplifiers. Based on the electronic images analysis, it allows searching for the joint with the help of digital signal processing algorithms.

In order to provide for the reproducibility of EBW process and weld joints quality a method for adjusting the beam deflection system has been developed, this method is based on the special-purpose software using the test object of special geometrical configuration (figure 5). Electron beam adjustment system can provide data on the proportion of beam reflection in relation to the distances predetermined by the control system as well as on energy distribution in the cross-section of the electron-beam by reconstructing its one-dimension sections.

In order to increase the scanning system speed and to enlarge the scanning area a dynamic deflection and focusing unit has been developed and produced. The unit allows for the beam deflection angle to increase up to 70°.

The developed systems helped to implement the multi-beam welding technology. Multi-beam welding based on dot-to-dot coordinate beam scanning provides for high-quality welding of adapters onto shell structures.

Modern EBW units have mechanical and electronic axis CNC systems as well as visualization and joint search systems. However the functionality of these systems is limited as they are designed only for a certain types of joints. Optional integration of the developed automated control system into EBW units allows expansion of equipment technological capabilities.

Conclusions

The automated EBW system provides the opportunity for:

- setting the beam positioning system;
- welding shell structures of complicated shape with the program mode using the standard G-code;
- welding with aiming the beam at the joint;
- multi-beam welding;
- processing large areas and surface visualization.

The module structure of the automated EBW system allows integration of the system into welding units with different level of automation and expansion of equipment technological capabilities.

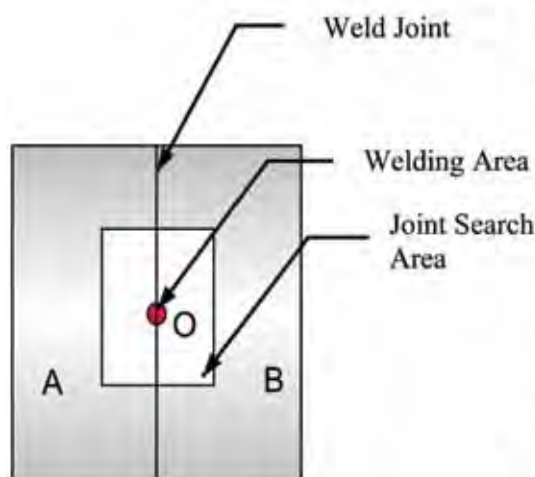


Fig. 5. Scheme showing the Beam-Scanning Method for the Joint Search and Surface Visualization, Weld Piece of Complex Geometry Scanned in Reflected Electrons Mode

Программно-аппаратная реализация информационно-логического межмодульного взаимодействия

М.В. Одинцов, Е.Е. Терентьева, А.В. Точилин
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.
ФГБОУ ВПО «НИЯУ МИФИ СарФТИ», г. Саров Нижегородской обл.

Информационно-логическое взаимодействие информационно-технических систем (ИТС) осуществляется посредством применения унифицированных интерфейсов связи, представляющих собой совокупность технических и программных средств и протоколов, которые обеспечивают согласование параметров и характеристик взаимодействующих систем. Интерфейсы связи наряду с непосредственной передачей информационных сигналов должны гарантировать целостность и аутентичность транслируемых данных.

При создании сложных систем и комплексов, состоящих из разнотипных интерфейсных модулей, должное внимание уделяется реализации санкционированного и регламентированного межмодульного взаимодействия с обеспечением должного уровня верификации передаваемой информации.

В настоящее время в РФЯЦ-ВНИИЭФ проводятся работы, связанные с отработкой корректного взаимодействия разрабатываемых ИТС с внешними сопрягаемыми системами. Для решения данной задачи разрабатываются и применяются программно-аппаратные комплексы (ПАК), имитирующие принцип работы сопрягаемых систем и обеспечивающие информационно-логическое взаимодействие. Такой подход позволяет не только подтвердить правильность схемотехнического построения разрабатываемых ИТС с точки зрения обеспечения электрической совместимости, но и выполнить необходимый объем работ, связанных с отработкой режимов взаимодействия на стадиях разработки и отладки алгоритма обмена данными.

В статье рассматривается ПАК, в состав которого входят интерфейсные модули, обеспечивающие выполнение информационного обмена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52070-2003. Под управлением разработанного программного обеспечения (ПО) интерфейсные модули выполняют информационно-логическое взаимодействие с ИТС, выступающими в качестве оконечных устройств (ОУ) интерфейса, при этом сам ПАК является контроллером канала (КК) интерфейса. Структурная схема ПАК приведена на рис.1.

Представленные на рис. 1 блоки выполняют следующие функции:

1) ПЭВМ – выполняет инициализацию и конфигурирование интерфейсного модуля, обеспечивает согласованную работу всех блоков ПАК;

2) монитор – отображает пользовательский интерфейс управляющего ПО и выполняемых на ПЭВМ процессов взаимодействия ПАК и ОУ;

3) управляющее ПО – обеспечивает инициализацию и конфигурирование интерфейс-

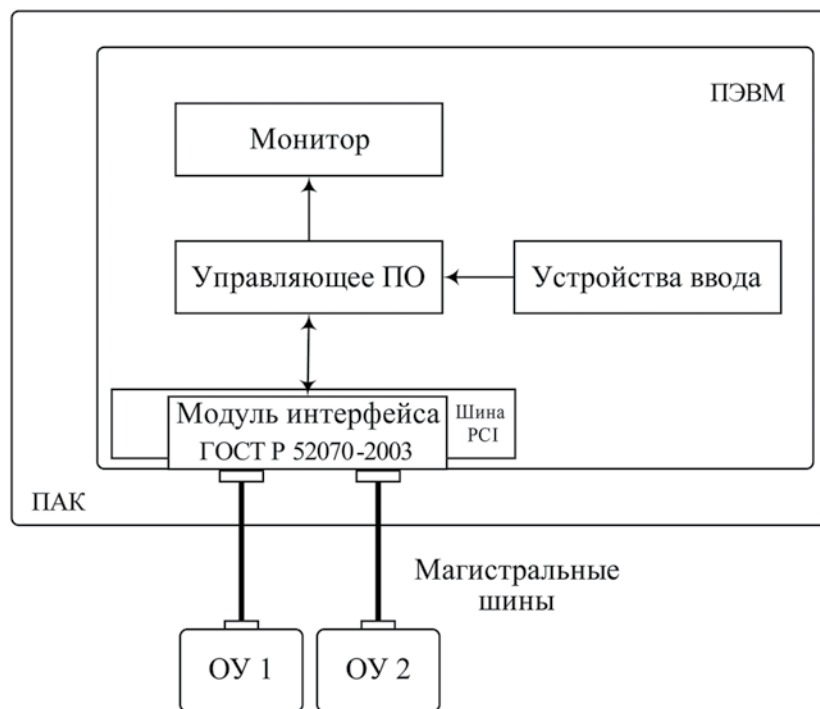


Рис. 1. Структурная схема ПАК

ного модуля, выполняет заданный пользователем алгоритм информационно-логического взаимодействия;

4) устройства ввода – обеспечивают ввод и выбор пользователем необходимых параметров пользовательского интерфейса управляющего ПО;

5) интерфейсный модуль – обеспечивает подключение ПЭВМ с шиной PCI к одной или двум информационным магистральным шинам ГОСТ Р 52070-2003, выполняет прием/передачу информации, передаваемой между ПАК и ОУ.

6) магистральные шины – обеспечивают передачу информационных сигналов в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003;

7) ОУ – устройства магистрального последовательного интерфейса, выполняющие информационный обмен в соответствии с управляемыми командными словами (КС), отправляемыми от ПАК.

При разработке ПАК особое внимание

уделялось вопросам универсальности его практического применения. Для этого были учтены возможные варианты подключения ОУ к ПАК, а также проанализированы информационно-логические параметры, сочетание которых обеспечит детальную проработку режимов взаимодействия ИТС с сопрягаемыми системами.

Тип подключения ОУ к ПАК определяется в диалоговом окне управляющего ПО (см. рис. 2) и подразумевает использование одной или двух независимых информационных магистральных шин, подсоединённых к различному сочетанию ОУ, имеющих свои уникальные идентификаторы – адрес ОУ и подадрес ОУ.

Для каждого режима взаимодействия ИТС с сопрягаемыми системами в соответствующем конфигурационном файле прописаны алгоритм и информационная составляющая обмена данными, а также информационно-логические параметры. Список доступных для выполнения режимов взаимодействия формируется из содержимого первой строки конфигурационных файлов и выводится в диалоговом окне при каждом запуске управляющего ПО.

В конфигурационном файле содержатся следующие данные для выполнения обмена:

- номер формата обмена данными (№1 или №2) в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003;
- адреса и подадреса взаимодействующих ОУ;
- количество и значения слов данных для передачи в ОУ или приёма от ОУ;
- номера используемых устройств на плате интерфейсного модуля;

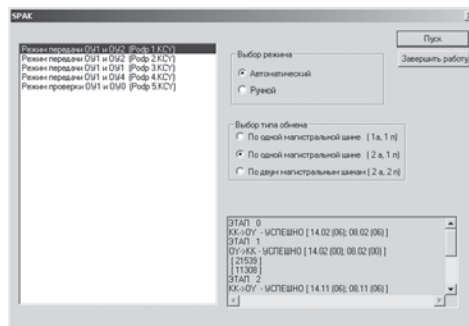


Рис. 2. Вид основного диалогового окна управляющего ПО

- максимальное время обмена или ожидания синхронизации по одной магистральной шине;

- максимальное количество попыток повторения обмена по каждой магистральной шине.

Конфигурационные файлы должны находиться в одной директории с управляющим ПО. После выбора в диалоговом окне режима взаимодействия выполняется проверка правильности заполнения (структура файла и значения параметров) соответствующего конфигурационного файла, и в случае успешного её завершения начинается информационно-логическое взаимодействие ПАК и ОУ.

Алгоритм обмена данными между ПАК и ОУ условно разделён на отдельные этапы. Для простоты визуализации результаты выполнения взаимодействия на этапе имеют условный цифровой код, который отображается в диалоговом окне управляющего ПО после сочетания идентификаторов (адрес, подадрес) ОУ.

Разработанный ПАК позволяет проводить пошаговое выполнение информационно-логического взаимодействия, для этого нужно выбрать соответствующую опцию – «ручной режим» – в диалоговом окне управляющего ПО. В этом случае пользователь по завершении какого-либо этапа обмена имеет возможность заново повторить выполнение

пройденного этапа обмена или пропустить выполнение следующих этапов по своему выбору, нажав на соответствующие клавиши на клавиатуре.

Представленная в докладе программно-аппаратная реализация информационно-логического межмодульного взаимодействия осуществляет имитацию принципа работы сопрягаемых систем и обеспечивает регламентированный информационный обмен с визуализацией передаваемых и принимаемых данных, что позволяет качественно выполнить отработку режимов взаимодействия разрабатываемых ИТС на стадиях разработки и отладки алгоритмов обмена данными.

Soft Hardware of Infological Inter-Modular Interaction

M. Odintsov, A. Tochilin, All-Russian Research Institute of Experimental Physics

E. Terentieva, Sarov Physical and Technical Institute of MIFI National Research Nuclear University

Infological interaction of information technical systems (ITS) is effected through uniform communication interfaces that integrate soft and hardware and protocols designed to coordinate parameters of interacting systems. Apart from transmitting data signals, communication interfaces secure integrity and authenticity of the transmitted data.

In designing sophisticated system that comprise different types in interface modules attention should be paid to authorized and institutionalized inter-modular interaction and appropriate verification of transmitted data.

VNIIEF is engaged in the development of correct interaction of ITS with external integrated systems. To solve the task, it develops and uses soft hardware (SHW) that simulate the integrated systems' principle of operation and ensure infological interaction. The approach allows to confirm the correctness of circuit simulation of ITS in terms of electrical connectivity as well as to develop interaction regimes at the stage of the development of adjustment of the data exchange algorithm.

The article highlights SHW that integrates interface modules of information exchange in accordance with GOST R 52070-2003. Controlled by the developed software the interface modules ensure infological interaction with ITS that serve end device of the interface. SHW serves the interface channel controller. See Fig. 1 for SHW block scheme.

The units shown in Fig. 1 perform the following functions:

- 1) PC – performs initialization and configuration of the interface module and coordinates operation of all SHW units;

- 2) the monitor – displays the user's interface of the management software and processes of interaction of SHW and the end devices;

- 3) management software – provides initialization and configuration of the interface module, follows the infological algorithm set by the user;

- 4) input equipment – provides selection and input by the user of the parameters of the user's interface of management software;

- 5) interface module – switches PC with PCI bus to one or several file buses GOST R 52070-

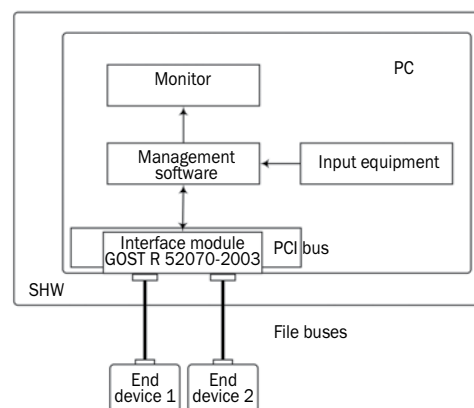


Fig. 1. SHW block scheme

2003, receives and transmits data exchanged by SHW and end devices;

- 6) file buses – transmit data signals;

- 7) end devices are magistral serial interface devices that ensure information exchange in accordance with function words sent from SHW.

In SHW development special attention was paid to its universal application. Possible variants of connecting end devices to SHW were considered and analysis of infological parameters the combination of which would allow to develop regimes of ITS interaction with integrated systems in detail was made.

The type of connecting end devices to SHW is set in the dialog window of the management software (see Fig. 2). It implies the use of one or two independent files buses connected with various combinations of end devices. End devices have unique identifying codes: end device address and subaddress (GOST R 52070-2003. Magistral serial interface of electronic modules system. General requirements).

A configuration file contains algorithm and

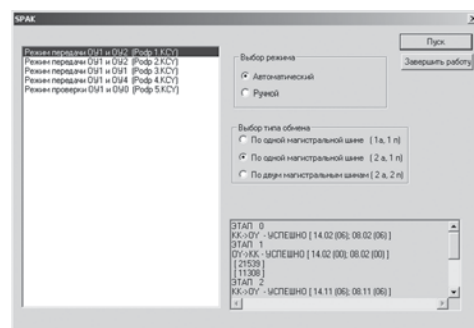


Fig. 2. Main dialog window of management software

information content for data exchange as well as infological parameters for each regime of ITS interaction with the integrated systems. The list of available interaction regimes is compiled on the basis of the content of the first line of the configuration files and is typed in the dialog window at each start of the software.

The configuration file contains the following data required for data exchange:

- number of data exchange format (No 1 or No 2) in accordance with GOST R 52070-2003. Magistral serial interface of electronic modules system. General requirements;

- addresses and subaddresses of interacting management software;

- number and meanings of data control words to be transmitted to the management software or to be received from the management software;

- interface module card numbers of the devices used;

- maximum exchange time or timeout of synchronization per one file bus;

- maximum number of exchange attempts per each file bus.

Configuration files must be in the same directory with the management software. Upon selection of an interaction regime in the dialog window, the correctness of the configuration file usage is verified. In case the operation is correct infological interaction of SHW and end devices begins.

The algorithm of data exchange between SHW and end devices is conventionally divided into stages. To simplify the visualization, results of the interaction at a stage are assigned digital condition codes displayed in the dialog window of the management software after the combination of identifiers (address, subaddress) of end devices.

The developed SHW provides for stepwise infological interaction. The option of “manual feed” must be chosen in the dialog window of the management software. In this case the user, upon termination of an exchange stage, can repeat the last exchange stage or skip next stages at his option pressing appropriate keys on the keyboard.

The soft hardware of infological inter-modular interaction simulates the principle of operation of integrated systems and provides for institutionalized data exchange as well as display of received and transmitted data. It allows to enhance the quality of ITS interaction regimes at the stage of development and adjustment of data exchange algorithms.

Развитие неразрушающего визуального контроля автоматизированными дистанционными способами

**О.В. Уразов, Нововоронежская атомная станция,
Л.П. Волков, НПП «Альфа-Диагностика»**

Практика показывает, что аварии и катастрофы, происходящие при разрушении элементов конструкций объектов и изделий, почти всегда связаны с наличием в них дефектов. Для выявления дефектов используют различные виды контроля, и среди них важное место занимает визуальный и измерительный контроль. Этот вид контроля отличается от других видов неразрушающего контроля границами спектральной области электромагнитного излучения, используемого для получения информации об объекте контроля. Видимое излучение (свет) – излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение. И действительно, визуальный контроль – это единственный вид неразрушающего контроля, который может выполняться без какого-либо оборудования и проводиться с использованием простейших измерительных средств.

Ввиду того, что некоторые технические средства визуального и измерительного контроля доступны каждому, а сама процедура контроля кажется достаточно простой, предполагают, что любое обсуждение этого метода может быть простым и быстрым. Фактически же визуальный и измерительный контроль является таким же современным сложным видом контроля, как радиационный и ультразвуковой.

Визуальный и измерительный контроль методически достаточно хорошо проработаны для того, чтобы с определенной достоверностью и надежностью обнаруживать поверхностные дефекты оборудования АЭС (трещины, отслоения, прожоги, свищи, раковины, недопустимые забоины, подрезы, поверхностные скопления и включения). Основные положения и требования к данному контролю представлены в регламентирующем документе «Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль. ПН АЭ Г-7-016-89».

Кроме невооруженного человеческого глаза допускается применение следующих технических средств при условии обеспечения выявления дефектов согласно требованиям нормативных документов по оценке качества:

- зеркало;
- различные лупы с увеличением до семикратного;
- эндоскопы;
- волоконные световоды;
- телевизионные камеры.

Вместе с тем принятая процедура визуального контроля не лишена недостатков при контроле оборудования АЭС, а именно:

- большие дозовые нагрузки на персонал, непосредственно выполняющий контроль внутренней части оборудования 1 контура;
- существенное влияние человеческого фактора, повышающего элемент субъективизма при выполнении контроля;
- умеренная производительность.

Комплексы дистанционного визуального контроля широко используются в тех ситуациях, когда вредное излучение, температура или химическая среда представляют опасность для здоровья визуального контролера или когда конфигурация объекта контроля не позволяет непосредственно его контролировать. В состав данного комплекса обычно входят:

- промышленная телевизионная установка (телевизионная система);
- световой прибор;
- системы позиционирования и транспортировки.

В дистанционном способе контроля широко применяется телевизионная система получения изображения поверхности и его передача на расстояние, что делает этот способ очень удобным.

Но и здесь возникают определенные трудности, а именно:

- радиационная стойкость передающих телевизионных камер;
- разрешающая способность телевизионных камер (количественная оценка способности передавать и воспринимать на приемной стороне с предельной или заданной различаемостью изображение мелких деталей);
- световая характеристика приемной матрицы;
- защищенность от помех;
- высокая стоимость телевизионных камер.

Высокой радиационной стойкостью обладает вакуумный видеокон (вплоть до 10^5 рад.). Видеоконками называют телевизионные трубки, использующие явление фотопроводимости для получения электрического изображения. Но они достаточно громоздки и имеют высокую стоимость.

На наш взгляд, наиболее перспективным представляется применение твердотельных телевизионных камер при контроле в умеренных гамма-полях. Они имеют сравнительно низкую стоимость, обладают жестким растром с привязкой элемента разложения изображения, отсутствием дисторсии и других геометрических искажений. Их радиационная стойкость достигает $5 \cdot 10^3$ рад.

Из практики известно, что разрешающая способность телевизионных систем в процессе передачи изображения формируется 2-3 точками (пикселями). Цифровые твердотельные телевизионные камеры могут иметь несколько мегапикселей. Это позволяет с разрешением 0,1 мм наблюдать поверхность размером всего 100×100 мм². Кроме того, сама цифровая телевизионная камера достаточно сложна.

Предлагается следующая схема применения аналоговых телевизионных камер с твердотельными матрицами среднего разрешения ($\sim 3 \cdot 10^5$ пикселей):

1. Первоначально проводится наблюдение поверхности с разрешением примерно в 5-10 раз меньшим, чем это требуется для обнаружения дефекта. При этом анализируется, соответственно, в 5-10 раз большая площадь. Поверхностные дефекты в виде трещин, расслоения металла, скопления пор и др. будут наблюдаться в виде размытых следов с плохим разрешением. Это видно на рис. 1, где

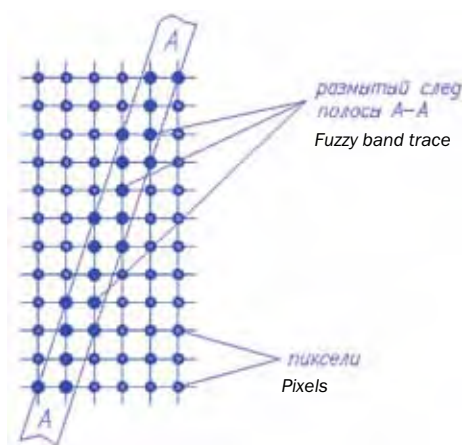


Рис. 1. Формирование изображения полосы матричной структурой телевизионной камеры / Fig. 1. Formation of a band image by the TV camera array structure

след полосы А-А формируется несколькими точками (показан черными точками). Данное наблюдение позволяет определить место на поверхности, где надо искать дефект уже телевизионной камерой с большим разрешением, но на меньшей площади.

2. После определения месторасположения дефекта на поверхности выполняется наблюдение выявленных несплошностей с помощью телевизионной камеры с трансформатором, т.е. регулируемым фокусным расстоянием. В настоящее время существуют объективы, у которых оно меняется в десятки и сотни раз.

К дистанционному методу визуального контроля тесно примыкает пузырьковый (аквариумный) способ обнаружения негерметичности оборудования АЭС, в частности, парогенератора ВВЭР.

Пневмогидравлический аквариумный (пузырьковый) (ПГА) контроль герметичности предназначен для контроля межконтурной плоскости парогенераторов (основного металла теплообменных труб, их сварных швов с коллектором, сварных швов обварки заглушек, установленных ранее в теплообменные трубы).

Метод наблюдения – визуальный с использованием специальной телевизионной системы (под водой) изнутри коллекторов I контура.

Способ обнаружения протечек – по образованию всплывающих к поверхности воды пузырьков воздуха в коллекторах I контура, при этом со стороны второго контура должно поддерживаться избыточное давление воздуха.

Подача воздуха высокого давления со стороны 2-го контура позволяет проверить герметичность трубного пучка и его сварных соединений с коллектором по обнаружению воздушных пузырей в воде, заполняющей объем коллектора. Большую течь легко обнаружить с помощью телевизионной камеры. Отыскание мелких протечек, сопровождающихся выходом отдельного пузыря малого размера в течение временного интервала, связано с определенными трудностями. Ввиду большой площади поверхности коллектора

контролеру приходится тратить несколько часов на отыскание дефекта, что достаточно утомительно и не всегда приводит к успеху. Например, перфорированная поверхность коллектора составляет ~ 5,3м². Используемые в настоящее время телевизионные камеры обычно позволяют наблюдать поверхность площадью ~ 0,1м².

При визуальных наблюдениях существенную роль играет вероятность обнаружения протяженного дефекта во времени. Считается, что вероятность успешного окончания поиска зависит от ряда внешних факторов, характеризующих условия наблюдения: угловые размеры дефекта, его контрастность по отношению к общей поверхности, яркость фона, угловой размер наблюдаемого поля, времени поиска, скорости перемещения объекта, в данном случае воздушного пузыря.

На рис. 2 показана временная зависимость этой вероятности обнаружения.

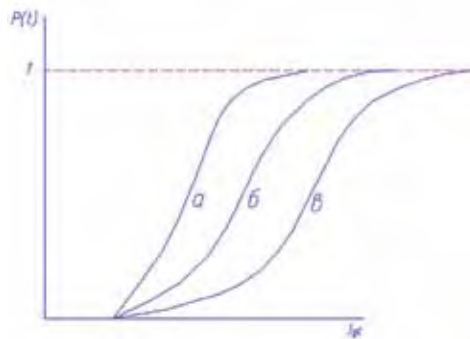


Рис. 2. Вероятность обнаружения объекта на поверхности (а, б, в – внешние условия)
Fig. 2. Probability of the unit detection on the surface (a, b, c – external factors)

Используя телевизионную форму представления наблюдаемой поверхности оборудования, в частности, коллектора ПГ, можно

автоматизировать сам процесс обнаружения движущегося пузыря с помощью программной обработки изображения. При этом световая подсветка определенного цвета позволяет повысить его контраст.

Программная обработка изображения дает возможность резко увеличить наблюдаемую поверхность коллектора ПГ вплоть до замкнутой круговой полосы или одновременно анализировать всю перфорированную его часть, исключив традиционное участие человека в визуальном дистанционном контроле.

Выводы

Реализация предлагаемых способов развита автоматизированного дистанционного визуального контроля позволит повысить его производительность и эффективность обнаружения дефектов с помощью недорогих технических систем.

Automation of Enhanced Remote NDT Visual Techniques

O. Urazov, Novovoronezhskaya NPP
L. Volkov, Alpha-Diagnostika Research and Production Enterprise

Events show that emergencies and disasters resulting in structural damage are usually caused by defects in structural components. Various inspection techniques are used to detect defects, and among them visual inspection and control by measurement are most essential. These techniques differ from other NDT inspection techniques by the borders of spectral region of electromagnetic emission used to receive information about the unit under test. Visible radiation (light) can cause visual sensation. Indeed, visual inspection is the only NDT technique that can be used without any equipment but with the use of elementary measurement instruments.

Since equipment of visual inspection and control by measurement is easily accessible and the inspection procedure seems to be very simple, it is believed that any discussion of the technique can be short and easy. In reality, visual inspection and control by measurement are as sophisticated as radiation and ultrasonic tests.

Visual inspection and control by measurement are elaborated thoroughly enough to be able to help detect surface defects (cracks, exfoliations, burnouts, wormholes, blisters, dents, undercuts, skin inclusions) in NPP equipment. The main requirements to these techniques are envisaged by "Uniform Techniques of Inspecting Main Materials (Semi-Products), Weld Seals and Weld Deposition of Equipment and Pipelines. Visual inspection and control by measurement. ПН АЭ Г-7-016-89».

In addition to the human eye, it is allowed to use the following technical means provided defects are detected in accordance with the requirements of the regulation documents on quality control:

- a mirror;
- various magnifiers with magnifying power up to seven-fold;
- endoscopes;
- fiber-optic guides;
- telecameras.

But in NPP equipment control the visual inspection techniques display some drawbacks, to wit:

- significant radiation exposure of the personnel engaged in the inspection of the primary circuit equipment;
- significant human factor resulting in greater subjectivity of inspection results;
- moderate productivity.

Remote visual inspection complexes are used when radiation, temperature and chemical environ-

ment are hazardous for a controller or when it is impossible to inspect the unit due to its configuration. Usually, the complex integrates:

- industrial TV camera unit;
- light device;
- position control and transportation system.

The remote inspection technique is convenient since it uses TV surface imaging and teletransportation system.

At the same time it is not free from the following weak points:

- radiation tolerance of transmitting television cameras;
- television cameras' resolution capability (quantitative estimation of capability to transmit and receive small details with ultimate and preset discrimination);
- light transfer characteristic of receiving array;
- disturbance immunity;
- high cost of TV cameras.

Vacuum vidiocone has high radiation tolerance (up to 10⁵ rad.). Vidiocones are television tubes that use photoconduction effect for electrical imaging. But they are bulky and costly.

We believe that solid-state TV cameras are most promising for inspection in moderate gamma-rays. They are not expensive, have rigid scan pattern oriented to image dissection, are free from distortion and other geometric errors. Their radiation tolerance is up to 5·10³ rad.

It is known that TV system resolution is formed by 2-3 pixels in the image transmission. Digital solid TV cameras can be of several megapixels. It provides imaging of area of 100x100 mm² with resolution of 0.1 mm. Moreover, the digital TV camera itself is sophisticated.

The following application scheme of analogue TV cameras with solid arrays of medium resolution (~ 3·10⁵ pixels) is proposed:

1. Initial survey of the surface is made with the resolution approximately 5-10 times lower than is required to detect defects. Accordingly, a surface 5-10 times larger is surveyed. Surface defects such as cracks and pore clusters are viewed as fuzzy spots with bad resolution. See Fig. 1 where A-A band (indicated by black points) is formed by several points. The survey helps detect the place where a defect must be spotted with the use of higher resolution TV camera on a smaller area.

2. Upon spotting the defect, survey of imperfections found is performed with the use of a TV camera with a zoom system, i.e. with controlled focal length. Some lenses change the focal length hundredfold.

The remote visual inspection technique is related to the bubble (aquarial) technique of detecting NPP equipment seal failure, in particular, in VVER steam generator.

Pneumohydraulic bubble inspection of airtightness is used to monitor the inter-circuit space of steam generators (the base metal of heat-exchange pipes, welded connections to the collector, weld seams of plug fittings previously installed in heat-exchange pipes).

The survey is performed visually inside the collectors of the primary circuit with the use of a special TV system (underwater).

Leakages are detected by formation of air bubbles rising to the water surface in the collectors of the primary circuit; excessive air pressure must be maintained in the secondary circuit.

High pressure air delivery from the secondary circuit allows to check the airtightness of the pipe bundle assembly and its welded connection to the collector by air bubbles in the water in the collector. A significant leakage can be easily detected by a TV camera. Detection of small leakage accompanied by emergence of a small bubble is more difficult. Since the surface of the collector is large, it takes several hours to find a defect; this is a tedious job that is not always effective either. For example, perforated area of the collector is ~ 5,3м². TV cameras used now allow to survey the area of ~ 0,1м².

In visual inspection, the probability of detecting an extensive defect is important. It is believed that success of the search depends on some external factors related to the survey conditions: the defect's angular dimensions, its contrast range in relation to the surface, brightness of the background, angular dimensions of the area being inspected, time of inspection, speed of the unit (the bubble).

See Fig. 2 for time dependence of the detection probability.

Using the television imaging of the equipment area surveyed, in particular, that of the collector, it is possible to automate the process of the moving bubble detection by software image processing. Lighting of a specific color ensures greater contrasting effect.

Software image processing results in the extension of the collector's area under survey or in the analysis of the whole perforated area, which excludes a man from the traditional remote visual inspection.

Conclusion

Automation of the remote visual techniques will help enhance effectiveness of defects detection with the use of inexpensive technical systems.

Полимерные нанокпозиционные радиопоглощающие материалы для КВЧ-диапазона

Е. А. Захарычев, ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седякова»

Радиопоглощающие материалы (РПМ) чаще всего представляют собой композиты на основе полимерной матрицы и специального наполнителя. В качестве таких наполнителей, как правило, применяют порошкообразные ферриты и металлы, разные формы углерода и некоторые другие материалы. Одним из наиболее перспективных наполнителей для радиопоглощающих материалов являются углеродные нанотрубки (УНТ). В последние годы проводится много работ, направленных на исследование эффективности поглощающих свойств полимерных композитов с УНТ на частотах до 18 ГГц [2, 3-8] и, реже, до 30 ГГц. Однако, с увеличением требований к точности и быстродействию радиоэлектронной аппаратуры её рабочий диапазон смещается во всё более высокочастотную область, а именно в КВЧ-диапазон. Исследований эффективности радиопоглощающих материалов, предназначенных для применения при частотах свыше 30 ГГц, крайне мало, хотя на данных частотах работает целый ряд приборов, таких как расходомеры, измерители влажности и коэффициента сжимаемости газов, самолетные посадочные системы, системы закрытой связи, приборы для исследования быстропротекающих процессов, некоторое медицинское оборудование и др. В данной работе проведено исследование эффективности РПМ с УНТ в диапазоне частот 52-73 ГГц (диапазон обусловлен возможностями измерительного оборудования).

В работе исследовались радиопоглощающие свойства эпоксидных композитов с углеродными наполнителями (сажа, графит, углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит-МД», «Таунит-М», «Таунит») в диапазоне частот 52-73 ГГц (диапазон обусловлен возможностями измерительного оборудования).

Радиопоглощающие свойства образцов измеряли на панорамном измерителе КСВн (коэффициент стоячей волны по напряжению) и ослаблений P2-69. Вплотную к плоскому образцу прикладывалась антенна РТА5, на которую подавался сигнал от генератора качающейся частоты (ГКЧ). С помощью индикатора Я2Р-67 измеряли максимальный КСВн в диапазоне частот 52-73 ГГц. Коэффициент отражения от образца (K) рассчитывался по следующей формуле:

$$K = \left(\frac{КСВн - 1}{КСВн + 1} \right)^2 \quad (1)$$

Для каждого образца производили два измерения коэффициента отражения: при наличии металлического экрана за образцом (K2) и без него (K1).

Коэффициенты отражения на границе раздела фаз воздух-РПМ (r) и поглощения (α) рассчитывали, решая систему уравнений:

$$\begin{cases} K_1: r + r(1-r)^2 e^{-2\alpha x} + r^3(1-r)^2 e^{-4\alpha x} + r^5(1-r)^2 e^{-6\alpha x} + \dots + r^{2n+1}(1-r)^2 e^{-2n\alpha x} \\ K_2: r + (1-r)^2 e^{-2\alpha x} + r(1-r)^2 e^{-4\alpha x} + r^2(1-r)^2 e^{-6\alpha x} + \dots + r^n(1-r)^2 e^{-(2n-2)\alpha x} \end{cases} \quad (2)$$

используя модель однородной изотропной среды и экспоненциальный закон поглощения излучения:

$$E = E_0 e^{-\alpha x} \quad (3)$$

где E, E₀ – энергии прошедшего и падающего излучения α – коэффициент поглощения, x – путь, пройденный волной в материале.

Систему уравнений (2) решали с помощью приложения MathCad 8.0 для каждого измеренного образца.

Эффективный РПМ должен обладать высоким коэффициентом поглощения при минимальном отражении. Поскольку отражение и поглощение растут практически одновременно с увеличением концентрации наполнителя, для практических применений необходимо выбирать состав с оптимальным сочетанием свойств. Поэтому данные

измерений удобнее представлять в виде зависимости коэффициента отражения от коэффициента поглощения для исследуемых наполнителей (рис. 1).

Как видим из рис. 3, композиции с УНТ характеризуются значительно меньшим ростом коэффициента отражения по мере увеличения поглощающей способности, что делает их более эффективным наполнителем для полимерных композиционных РПМ. Наиболее эффективным наполнителем являются УНТ «Таунит-М». РПМ на их основе эффективно поглощают электромагнитное излучение при толщинах в 15-20 раз меньших, чем композиты с микроразмерными углеродными наполнителями. Поглощающие свойства, аналогичные РПМ с микроразмерными углеродными наполнителями, достигаются композициями с данным видом УНТ при коэффициенте отражения на границе раздела фаз как минимум в 4 раза ниже.

Кроме того, в данной работе исследовался широко изучаемый в последнее время процесс функционализации УНТ и его влияние на радиопоглощающие свойства композитов. Для функционализации использовали

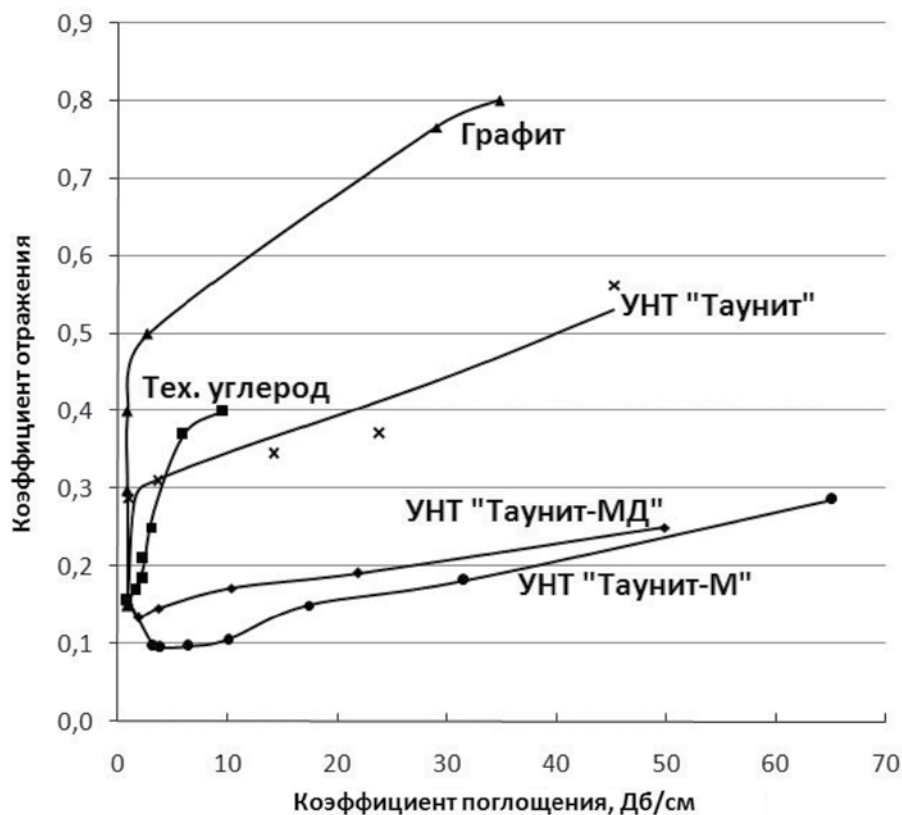


Рис. 1. Соотношение коэффициентов отражения (r) и поглощения (α для композитов с разными наполнителями: 1 – технический углерод К-354; 2 – графит ГК-3; 3 – УНТ «Таунит»; 4 – УНТ «Таунит-М»; 5 – УНТ «Таунит-МД»

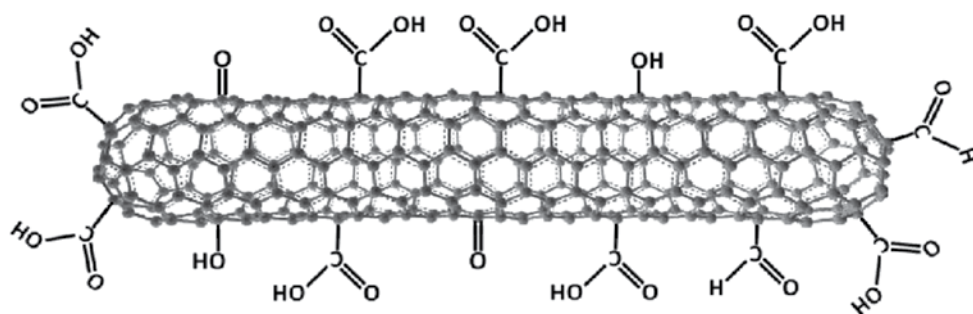


Рис. 2. Схематичное изображение функционализированной УНТ

УНТ «Таунит-М» и применяли один из самых распространенных способов – обработка УНТ в смеси серной и азотной кислот. В результате такой обработки на поверхности УНТ образуются различные кислородсодержащие функциональные группы, преимущественно карбоксильные (рис. 2). Эти карбоксильные группы теоретически должны вступать в реакцию с эпоксидными группами полимерного связующего с образованием прочных ковалентных химических связей. Процесс синтеза функционализированных УНТ включал следующие стадии:

- смешивание УНТ с кислотами;

- собственно функционализация при постоянном перемешивании с обратным холодильником при 90°C;
- отмывка путем многократного centrifugирования;
- вакуумная сушка.

В данной работе исследовались УНТ с разным временем функционализации. Перечень методов исследований включал ИК-, УФ- и оптическую спектроскопию, масс-спектрометрию, электронную микроскопию, синхронный термический анализ, дифференциальную сканирующую калориметрию, рентгенофазовый анализ, малоугловую рентгено-

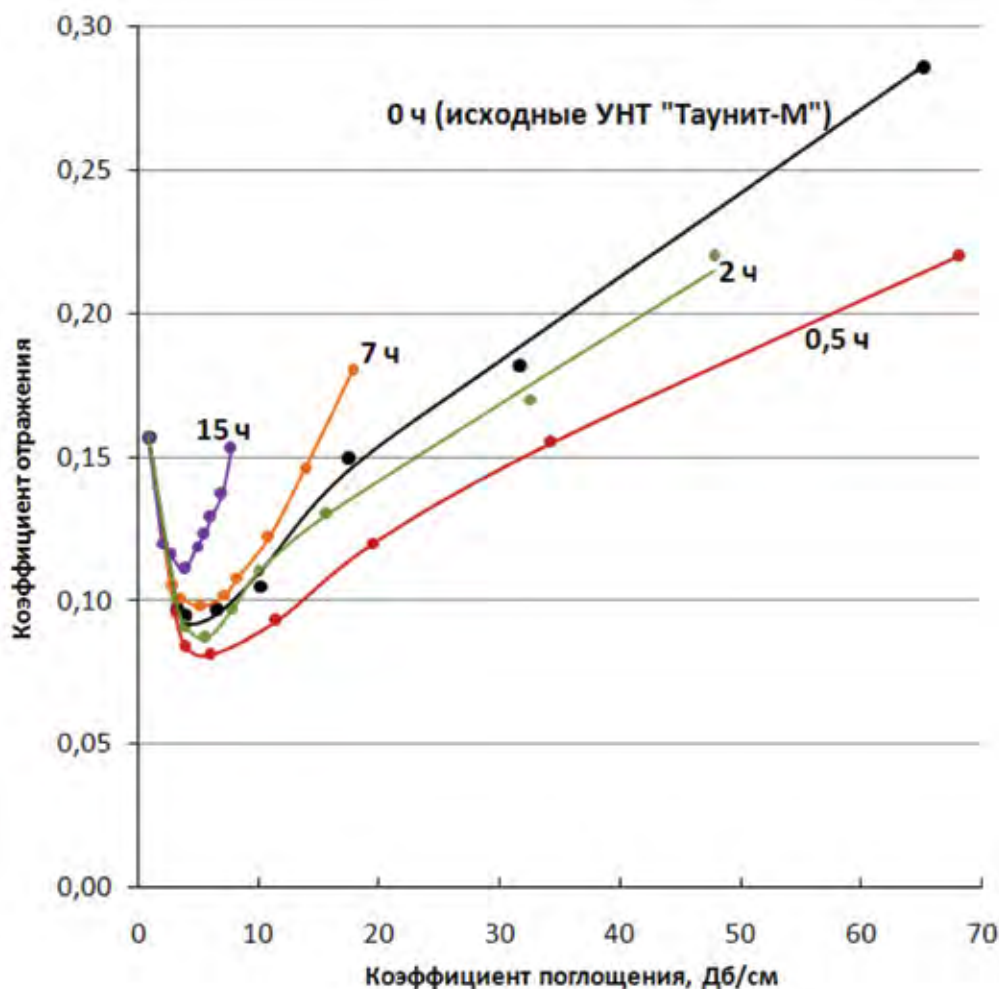


Рис. 3. Соотношение коэффициентов отражения (r) и поглощения (α) для композитов с функционализированными УНТ «Таунит-М»: 5 – 0 ч; 6 – 0,5 ч; 7 – 2 ч; 8 – 7 ч; 9 – 15 ч.

графию, потенциометрическое титрование. Основными тенденциями изменения состава и структуры УНТ в процессе функционализации являются уменьшение их длины, разрушение внешних слоев УНТ, образование на поверхности функциональных групп, преимущественно карбоксильных, резкое увеличение гидрофильности поверхности.

Соотношения коэффициентов отражения и поглощения для композитов с функционализированными УНТ «Таунит-М» представлены на рис. 3.

Исследования зависимости радиопоглощающих свойств композитов на основе ф-УНТ показали, что функционализация нанотрубок способствует улучшению радиопоглощающих свойств таких композитов, причем эффективность поглощения экстремально зависит от времени функционализации. Данное явление объясняется влиянием на радиопоглощающие свойства одновременно проводимости композитов (макроскопический аспект¹) и равномерности распределения УНТ в полимере (микроскопический аспект²). Равномерное распределение УНТ в полимерной матрице, ведущее к росту числа частиц в единице объема, достигается уже при времени функционализации 0,5 часа. При этом с увеличением времени функционализации УНТ проводимость композитов, а значит, и эффективность радиопоглощения, уменьшается. Таким образом, наилучшие радиопоглощающие свойства показали композиты с УНТ, функционализированными 0,5 часа. Такие композиты по сравнению с материалами на основе нативных УНТ обладают аналогичными поглощающими и отражающими характеристиками при толщинах в 1,5-2,0 раза меньше. С другой стороны, такие композиты при аналогичных толщинах и величине ослабления характеризуются коэффициентом отражения в 1,1-1,4 раза ниже.

Вывод

Получены радиопоглощающие материалы на основе эпоксидного связующего, содержащие УНТ с временем функционализации 0,5 часа, обладающие аналогичными поглощающими и отражающими характеристиками при толщинах в 25-35 раз меньше по сравнению с композитами на основе микроразмерных углеродных наполнителей (технический углерод и графит) и в 1,5-2,0 раза меньше по сравнению с композитами на основе нативных УНТ. Такие композиты при аналогичных толщинах и коэффициенте поглощения характеризуются коэффициентом отражения в 4,5-5,5 раза ниже по сравнению с композитами на основе микроразмерных углеродных наполнителей и в 1,5-2,0 раза меньше по сравнению с композитами на основе нативных УНТ.

¹ Согласно макроскопическому аспекту поглощения электромагнитное излучение вызывает в умеренно проводящих материалах (которыми являются РПМ с УНТ) токи, преобразующиеся в тепло по закону Джоуля-Ленца: $W = \vec{j}\vec{E}$, где W – мощность выделения тепла в единице объема, \vec{j} – плотность электрического тока, \vec{E} – напряженность электрического поля.

² Согласно микроскопическому аспекту поглощения ослабление электромагнитного излучения, проходящего через совокупность частиц, распределенных в диэлектрической матрице, подчиняется экспоненциальному закону: $E = E_0 e^{-\rho \sigma_t x}$, где ρ – число частиц в единице объема, σ_t – полное сечение поглощения частицы.

Система контроля параметров чувствительного элемента микроакселерометра емкостного типа

И.В. Иевлев, А.Н. Ухов, А.С. Ящинин
ФГУП «ННПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седякова»

Преобразователи ускорений емкостного типа, такие, как микроакселерометры (МА), занимают важное положение в современной технике. Главная задача, решаемая данными типами МЭМС-устройств, – оценка ускорений движущегося объекта – позволяет использовать их в составе систем навигации объектов как военного, так и гражданского назначения, что говорит об актуальности разработок микроакселерометров и перспективности их применения для решения широкого круга задач.

На сегодняшний день в НИИИС в рамках ОКР «Яхта» разработаны и изготовлены тестовые кристаллы чувствительного элемента (ЧЭ) МА по технологии объемной микромеханики, которые должны быть испытаны на воздействие линейного ускорения для подтверждения их функционирования. Выходной сигнал ЧЭ МА представляет собой малое изменение емкости дифференциального конденсатора в зависимости от приложенного к инерционной массе ускорения. Кроме того, для измерений коэффициента преобразования МА необходимо устанавливать и испытывать в центрифуге со скользящим контактом. В НИИИС отсутствует такая центрифуга. Поэтому цель настоящей работы заключалась в разработке системы обработки сигнала с тестового кристалла микроакселерометра, способной измерять как номинальное значение емкости дифференциального конденсатора ЧЭ МА, так и их изменение при воздействии ускорения. Наряду с этим система должна работать в двух режимах: режиме прямого измерения параметров и в автономном режиме, позволяющем испытывать МА на центрифуге без скользящего контакта.

В НИИИС изготовлен емкостной микроакселерометр (ТКММ505) по технологии объемной микромеханики, рассчитанный на ускорение ± 10 g. Основой конструкции микроакселерометра является чувствительный элемент – инерционная масса на упругих подвесах. Внешний вид чувствительного элемента микроакселерометра представлен на рис. 1.

Инерционная масса (1) представляет собой выполненный из кремния подвижный блок, удерживаемый над полостью за счёт упругих подвесов (2) в виде меандра, соединяющих его с неподвижным элементом (4, 7).

При воздействии линейного ускорения в направлении оси чувствительности инерционная масса отклоняется. При этом меняется и расстояние между подвижными (3) и неподвижными электродами, вследствие чего изменяются емкости конденсаторов (5, 6), образованных инерционной массой и неподвижными электродами конструкции.

На рис. 2 показана эквивалентная электрическая схема ЧЭ МА в виде дифференциально-

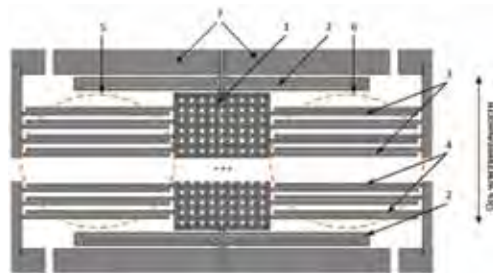


Рис. 1. Конструкция ЧЭ МА

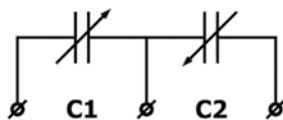


Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема микроакселерометра

го конденсатора. При этом С1 – конденсатор, образованный левой неподвижной обкладкой и инерционной массой, а С2 – конденсатор, образованный правой неподвижной обкладкой и инерционной массой.

Начальные емкости каждого из конденсаторов лежат в пределах от 2 до 7 пФ. Изменение же емкости при воздействии заданного в соответствии с ТЗ ускорения (± 10 g) составляет величину около 0,1 пФ. Современные L, C, R метры, в том числе E7-12, не обеспечивают требуемую точность. Использование же измерителей емкостей с подвижными проводниками, соединяющими измерительный прибор с исследуемым образцом, недопустимо ввиду появления значительной паразитной емкости, превышающей полезный сигнал. В связи с этим МА должен быть связан со схемой обработки жесткими проводами минимальной длины, а в идеале – находиться рядом на одной печатной плате. Исходя из вышеперечисленных предпосылок для проведения исследований и испытаний были разработаны две схемы на основе преобразователя «емкость-код».

Преобразователь

Проведенный в ходе работ анализ продукции мировых производителей преобразователей «емкость-код» показал, что для решения поставленной задачи наиболее совершенным устройством подобного типа является микросхема AD7746 (компания Analog Devices), представляющая собой двухканальный пре-

Таблица 1. Основные характеристики микросхемы AD7746

Диапазон измеряемых емкостей	0...4 пФ (с расширением диапазона до 21 пФ)
Разрешение	4 аФ
Точность	4 фФ
Нелинейность	0,01 %

образователь емкость-код. Эта микросхема и явилась основой обеих схем.

Выбор данной микросхемы не случаен, поскольку она обеспечивает требуемую точность измерений. В табл. 1 приведены основные характеристики данной микросхемы.

Микросхема представляет собой достаточно сложное устройство, содержащее несколько блоков: 24-битный σ - δ аналого-цифровой преобразователь, входной мультиплексор, тактовый генератор, внутренний источник возбуждения, температурный сенсор, источник опорного напряжения, монитор напряжения питания, 2 вспомогательных емкостных ЦАП, схему управления режимами и калибровкой, цифровой последовательный интерфейс.

Микросхема имеет два канала, каждый из которых можно программно сконфигурировать как для прямого преобразования, так и дифференциального.

Рассмотрим отдельно каждую схему обработки на основе описанного выше преобразователя.

Адаптер преобразователя емкости

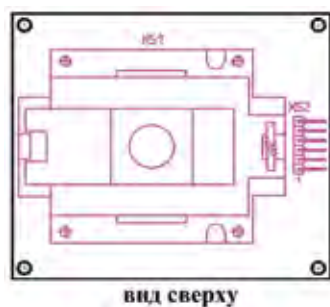
Адаптер преобразователя емкости (адаптер) позволяет проводить измерения параметров ЧЭ МА при ускорении 0, ± 1 g, не расплавляя образец на плате. Это удобно при массовой проверке электропараметров опытных образцов тестовых кристаллов МА.

Адаптер состоит из печатной платы, на которую установлено модифицированное устройство контактное УКБ4-4С (рис. 3). Испытываемый образец МА в корпусе закрепляется в устройстве контактным. На плате адаптера предусмотрены металлизированные отверстия, при запаивании которых между собой перемычками производится замыкание контактов, соединяющих выводы устройства контактного и выводы микросхемы преобразователя. Использование перемычек обусловлено минимизацией паразитной емкости, которая возникает в случае использования проводов, которые вносят значительный вклад в паразитную емкость. Одновременно с помощью адаптера можно контролировать параметры двух ЧЭ МА, поскольку микросхема является двухканальной. Это позволяет сократить время, затрачиваемое на испытания.

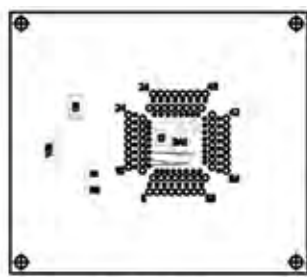
Принцип работы адаптера заключается в преобразовании емкости ЧЭ МА в цифровой сигнал посредством микросхемы преобразователя. Для этого адаптер соединялся с LPT портом компьютера и источником питания посредством специально разработанного жгута.

Плата преобразователя емкости

Плата преобразователя емкости (далее – плата) разработана для обеспечения измерения электропараметров ЧЭ МА при испытаниях на центрифуге. Эта схема является усовершенствованной модификацией первой схемы и способна работать как в

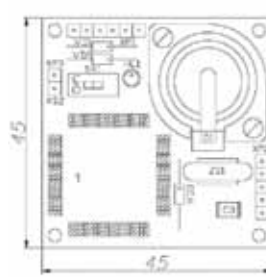


вид сверху

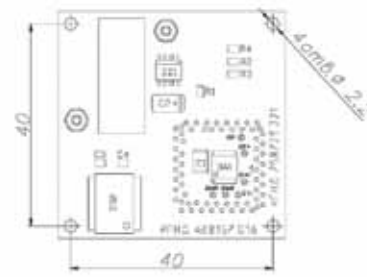


вид снизу

Рис. 3. Адаптер преобразователя емкости



вид сверху



вид снизу

Рис. 4. Эскиз платы преобразователя емкости

режиме прямого измерения, так и в автономном режиме.

Принцип работы платы заключается в преобразовании емкости ЧЭ МА в цифровой сигнал с возможностью записи результатов в память. Аналогично адаптеру, преобразование осуществляется микросхемой AD7746 (компания Analog Devices). Запись и хранение цифрового сигнала в микросхеме памяти (24LC640A-N/SN компании Microchip Technology) управляется микроконтроллером (PIC16F87-E/SO компании Microchip Technology).

Эскиз сборочного чертежа платы представлен на рис. 4.

Новизна разработки заключается в использовании высокоточной измерительной микросхемы, точность и разрешающая способность которой удовлетворяют требованиям на проведение измерений и испытаний. Использование записи данных с микросхемы преобразователя в память посредством микроконтроллера, также является новым решением и позволяет проводить контроль качества ЧЭ МА в процессе испытаний на центрифуге, не имеющей скользящего контакта.

Программное обеспечение

Для визуализации значений параметров ЧЭ МА, а также для управления микросхемой преобразователя и задания дополнительных настроек разработана специализированная прикладная программа, работающая в среде Win32. Программа разработана в среде программирования Delphi 7.

На рис. 5 изображено рабочее окно программы в процессе функционирования.

Программа содержит кнопки управления работой микросхемы преобразователя (Start, Stop), кнопки обнуления и сохранения данных (Null, Record), блоки настройки режимов преобразования (Input, Update rate, CAPDAC A, CAPDAC B), окна вывода данных (C1, C2, Cdiff, T, Vdd), дополнительные элементы и индикацию.

Для управления работой микроконтроллера при работе платы в автономном режиме разработана микропрограмма на языке Assembler. Микросхема в автономном режиме работает под управлением микроконтроллера подобно прямому измерению. В данном случае запрограммированный микроконтроллер опрашивает поочередно два канала микросхемы преобразователя сначала в единичном, а затем в дифференциальном режиме. Значения емкости при этом автоматически записываются в память платы посредством микроконтроллера с интервалом 1 с.

Исследование характеристик ЧЭ МА

Для проверки и опробования функционирования разработанных схем обработки сигнала были проведены исследовательские испытания тестовых кристаллов с ЧЭ МА (ТКММ505), разработанных и изготовленных в НИИИС.



Рис. 5. Окно программы в процессе работы схемы

Испытания проводились в центрифуге со скользящим контактом, что позволило проводить измерения напрямую. Испытаниям подверглись два образца ЧЭ МА №№ 30 и 31 (партия № 094). Максимальная величина ускорения составляла 50 g. Ускорение было направлено вдоль оси чувствительности. Результаты испытаний изображены на рис. 6 и 7.

В результате исследований обнаружено, что образцы сохранили свою работоспособ-

ность при величинах ускорения, превышающих расчетные. На участке от 0 до 10 g характеристики образцов близки к линейным.

Анализ результатов исследований

В табл. 2 представлены рассчитанные значения характеристических параметров ЧЭ МА: разности емкостей ΔC, масштабного коэффициента K и коэффициента нелинейности δ.

Данные, представленные в табл. 2, позволяют заключить, что испытываемые образцы соответствуют требованиям конструкторской документации и ТЗ на ОКР.

Заключение

Разработана система обработки сигнала с микроакселерометра емкостного типа, являющаяся первой в своем роде разработкой в НИИИС. Система позволяет производить измерения характеристик ЧЭ МА в двух режимах: прямого измерения и автономном.

Экспериментальные исследования ЧЭ МА позволили подтвердить работоспособность и впервые измерить реальные параметры исследуемых образцов МА при ускорении, удовлетворяющем требованиям ТЗ на ОКР «Яхта», а также оценить работу разработанной системы обработки сигнала.

Таблица 2. Значения разности емкостей ΔC, масштабного коэффициента K и коэффициента нелинейности δ в диапазоне ускорений от 0 до 10 g

№ ЧЭ МА	ΔC, пФ	K, пФ/g	δ, %
30-1	-0,318	0,023	0,33
30-2	0,094	0,024	0,16
31-1	-0,171	0,015	2,54
31-2	0,085	0,013	6,10

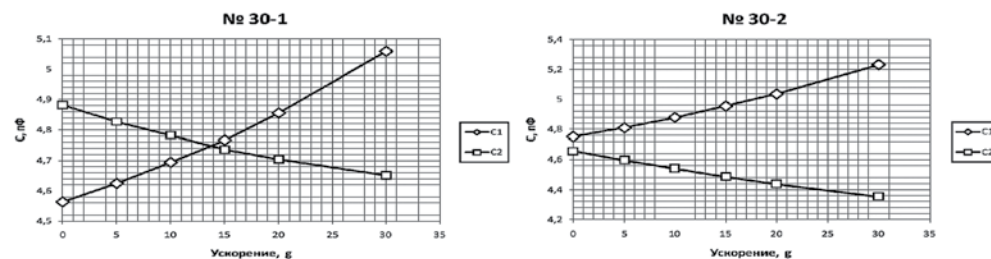


Рис. 6. Зависимость емкостей конденсаторов ЧЭ МА (обр. № 30) в диапазоне ускорений от 0 до 30 g

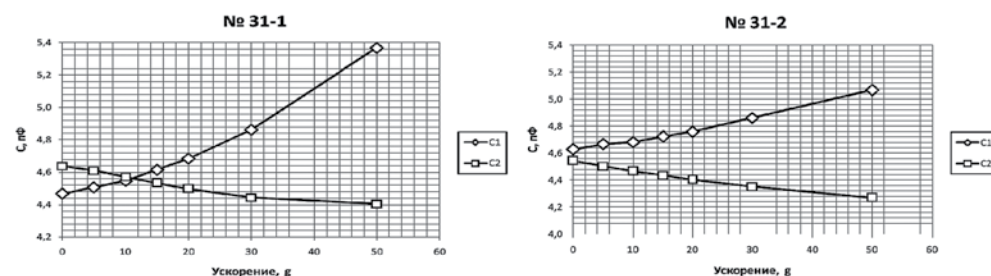


Рис. 7. Зависимость емкостей конденсаторов ЧЭ МА (обр. № 30) в диапазоне ускорений от 0 до 50 g

АРМ на основе технологий «тонкого клиента»

Э.Р. Саминов, ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

АРМ – важнейший и неотъемлемый элемент автоматизированной системы управления, обеспечивающий выдачу информационных сигналов и прием управляющих команд от оператора, таким образом, являющийся интерфейсом взаимодействия «человек-машина».

Уже более 10 лет в производимых НИИИС комплексах и системах верхнего уровня АСУ ТП АЭС используются в качестве АРМ рабочие станции.

Рабочая станция представляет собой автономный вычислительный комплекс с системами ввода/вывода и обеспечением бесперебойного питания (рис. 1), выполненный в едином конструктиве.

Соответствуя предъявляемым на сегодняшний момент к АРМ требованиям, рабочие станции имеют существенный недостаток: автономность РС не позволяет гибко перераспределять незадействованные ресурсы (вычислительные и питающие) между элементами ПТК. Таким образом, для создания N рабочих мест требуется N рабочих станций, состоящих из N вычислительных частей, N систем ввода вывода и N систем обеспечения бесперебойного питания. Данный аспект существенно отражается как на стоимости, так и на занимаемом пространстве систем и комплексов.

Предлагаемое решение

На современном этапе развития информационных технологий снова набирает популярность применявшийся на ранних этапах развития терминальный (клиент-серверный) доступ к вычислительным ресурсам. Данное решение позволяет существенно снизить удельную стоимость рабочего места, упростить его обслуживание и обеспечить приемлемый уровень контроля за пользователями в системах различного уровня информационной защищенности.

В современных системах различного назначения роль терминала-клиента исполняет компактная ПЭВМ с существенно ограниченными функциональными возможностями – т. н. «тонкий клиент», осуществляющий связь с серверной частью (как правило, сервер) по протоколам удаленного доступа.

Данный подход предлагается реализовать для решения нашей проблемы, для чего необходимо осуществить разделение функций АРМ между элементами комплекса (рис. 2):

1) вычислительные функции передаются виртуальной машине, программно организованной на части мощностей серверов из состава ПТК (объединенные вычислительные ресурсы с динамическим перераспределением);

2) АРМ на базе «тонкого клиента» исполняет функции устройства информационного обмена между виртуальной машиной и оператором;

3) связь между серверной частью (сервер) и клиентской частью (АРМ) осуществляется посредством ЛВС комплекса;

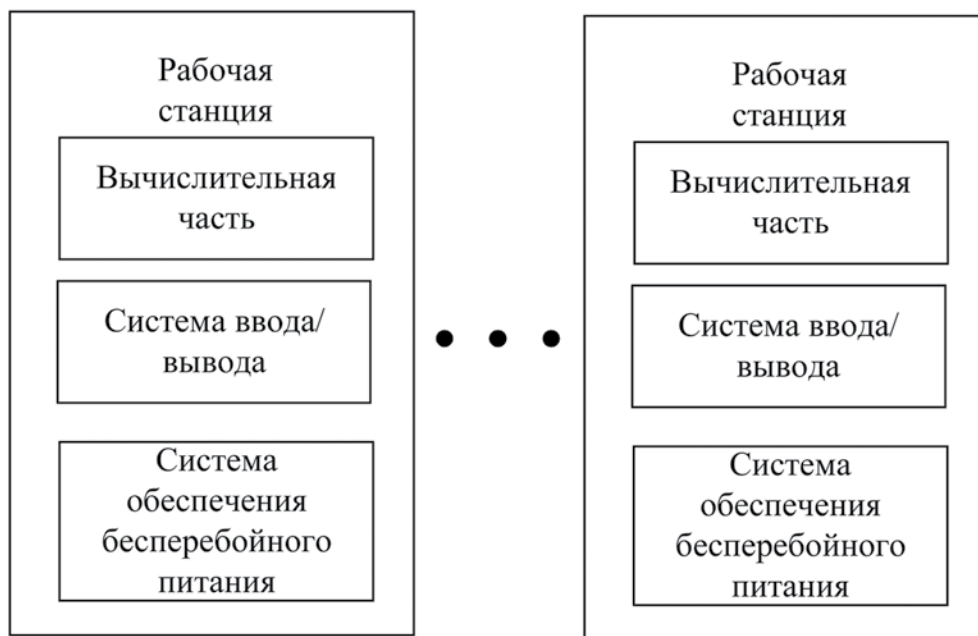


Рис. 1. Существующее решение

4) для реализации функций обеспечения бесперебойного питания в комплекс включаются УРП (устройство коммутации электропитания с ИБП).

Изменения в плане программной реализации приведены на рисунке 3.

РПО устанавливается не на АРМ (существующее решение), а на виртуальную машину,

доступ к которой пользователь получает посредством «удаленного рабочего стола» – программы-клиента. Система «АРМ – виртуальная машина» позволяет выполнять информационные, управляющие и вспомогательные функции РС в полном объеме.

В качестве базового решения для серверной части предлагается использовать

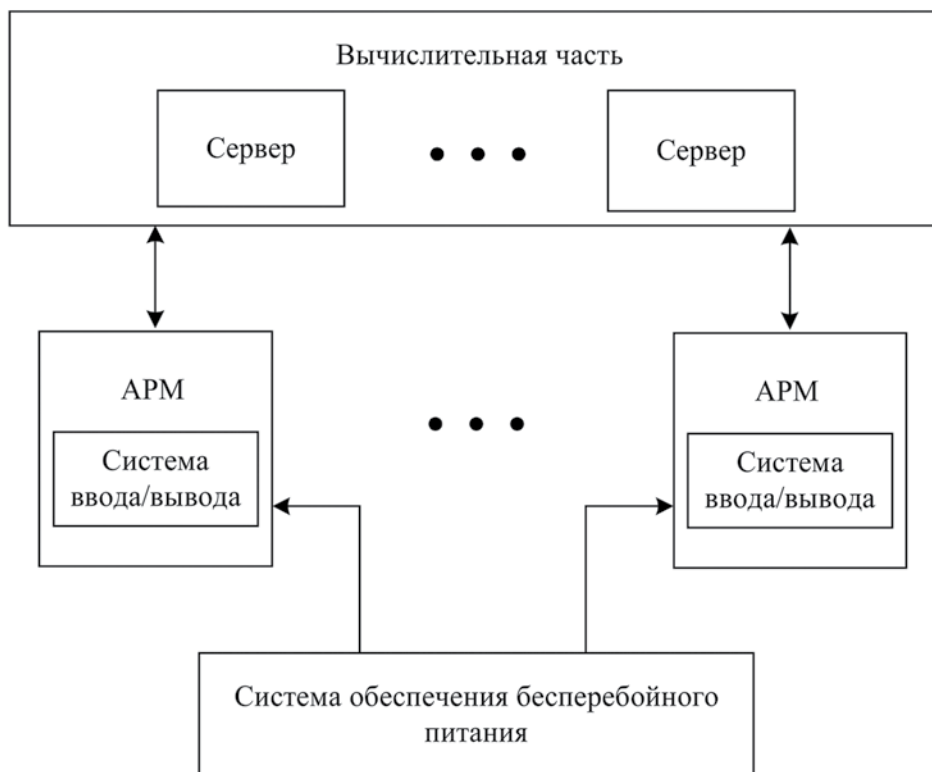


Рисунок 2. Предлагаемое решение АРМ на базе удаленного/терминального доступа

систему удаленного доступа из состава серверной ОС семейства Linux, использующих протокол RDP.

Использование предлагаемого решения имеет следующие преимущества:

- 1) снижается стоимость АРМ и комплекса в целом;
- 2) отсутствует жесткая привязка пользователя к АРМ, что повышает надежность и гибкость комплекса;
- 3) уменьшается время восстановления работоспособности АРМ за счет отсутствия необходимости проведения операций с РПО;
- 4) использование упрощенных ПЭВМ в качестве основы для АРМ позволяет использовать пассивные методы охлаждения и, как следствие, снижает шумовую нагрузку на персонал;

5) осуществление функций удаленного доступа и ввода/вывода снижает потребность в регулярной модернизации АРМ.

Предлагаемое решение для АРМ построено на «тонком клиенте» – одноплатном компьютере стандартизированного форм-фактора на базе процессора Intel Atom с набором необходимых интерфейсов, включает в себя не менее двух видеомониторов, указательное устройство(мышь, трекбол, или опционально – сенсорный экран) и, в зависимости от потребностей заказчика, систему авторизации пользователя (биометрический сенсор, ключ, смарт-карта), клавиатуру, акустическую систему.

В качестве СПО для АРМ предполагается использовать встраиваемую ОС семейства Linux, включающую в себя программу-клиент удаленного доступа.

В зависимости от выбранного форм-фактора предполагается использование в качестве средств визуального отображения экранов с аналогичными видеомонитору характеристиками, осуществляющих связь с одноплатным компьютером по стандарту LVDS.

Использование сенсорного экрана допустимо только для АРМ, не имеющих управляющей функции.

Использование систем авторизации пользователя позволяет упростить и ускорить авторизацию на предназначенной для него виртуальной машине

Форм-фактор АРМ

Применение существующих конструктивных решений для рабочих станций при создании АРМ – «тонкого клиента» нерационально, поскольку:

- 1) за пределы устройства вынесены вычислительная и питающая системы;
- 2) жесткая фиксация элементов устройства снижает его эргономичность.

Предлагается использовать решение в форм-факторе «моноблок» с вариативным размещением (повышение эргономических характеристик АРМ) на офисной мебели с повышенными прочностными характеристиками.

Конструктивно моноблок представляет собой металлическую (композитную) раму с размещенными на ней с помощью виброгасящих креплений элементами АРМ (одноплатный компьютер, монитор, блок питания), заключенную в защитный корпус.

Материал корпуса моноблока определяется в соответствии с классом безопасности АРМ по НП-001-97 и предъявляемым к нему требованиям по устойчивости к ВВФ и ЭМС.

Данное решение позволяет существенно уменьшить стоимость АРМ и снизить зависимость от внешних поставок за счет производства отдельных комплектующих на мощностях НИИИС.

Перспективы

Среди вариантов дальнейшего развития наиболее актуальным является последующий переход к использованию одноплатных компьютеров российского производства на базе процессоров с сокращенным набором команд (ARM-процессоров) и СПО ОС PoMOC.

Данное решение позволит:

- 1) снизить зависимость от поставок иностранных комплектующих;
- 2) существенно понизить энергопотребление АРМ;
- 3) получить глубокий задел для разработки будущих поколений комплексов и систем АСУ ТП с использованием технологий дополненной реальности.

Примечание: под системой дополненной реальности понимается группа устройств, обеспечивающих выдачу информационных сигналов пользователю в привязке к окружающей обстановке. Примером реализации данной технологии являются разрабатываемые компанией Google очки Google Glasses.

Относительная простота осуществления данной концепции позволяет реализовать ее в рамках актуальных проектов по созданию АСУ ТП АЭС для российских и зарубежных атомных станций.

Также определенный интерес представляет реализация построенной на предлагаемом решении системы на непрофильные рынки, где она может предлагаться как надежное и высокозащищенное решение для работы с информацией, представляющей коммерческую или государственную тайну.

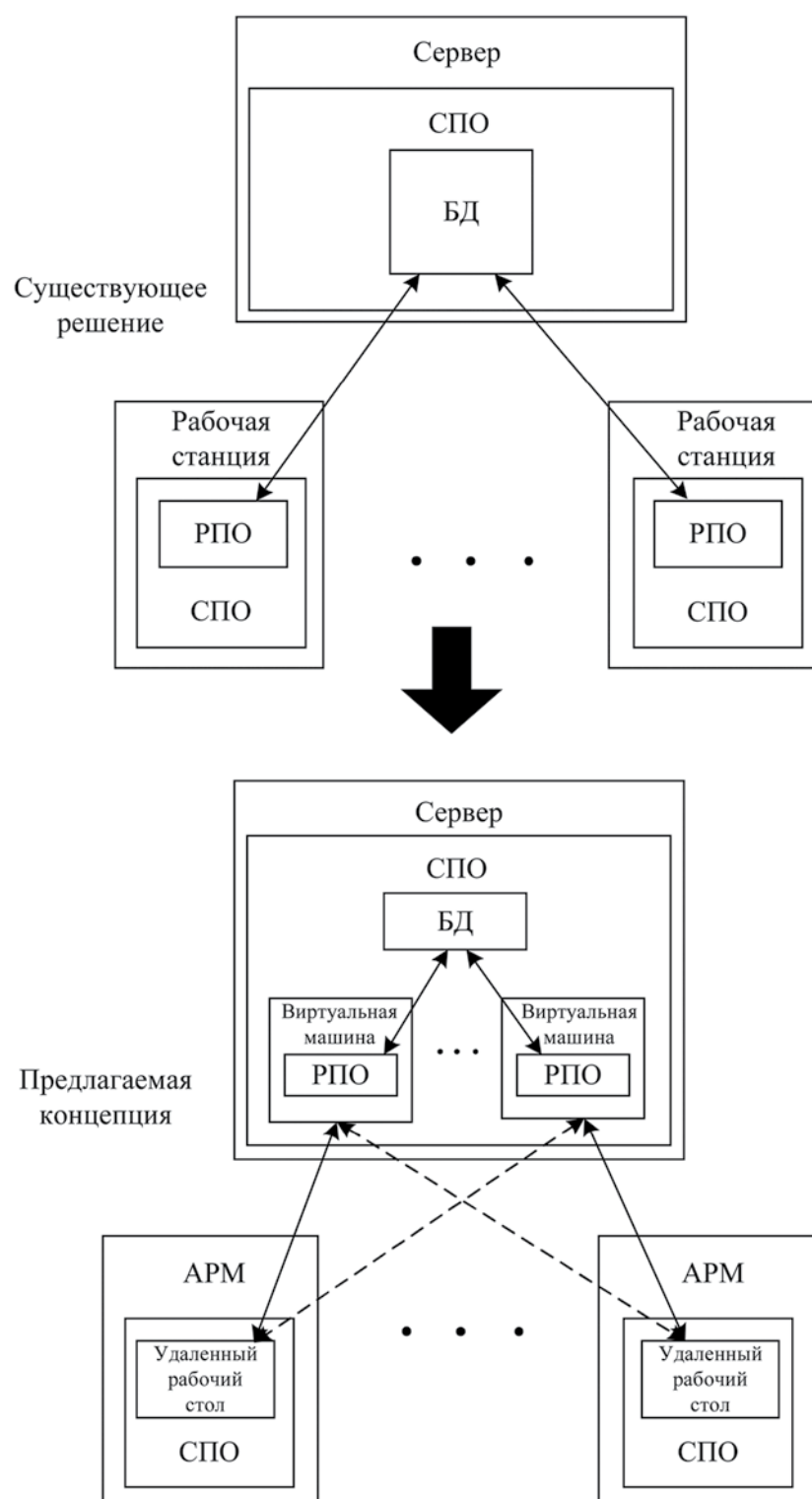


Рисунок 3. Изменение программной реализации

Планирование производства ФГУП «ВНИИА» с использованием программного модуля «Рабочая матрица»

Е. А. Гуменюк, ФГУП ВНИИА

В настоящее время планирование производства ФГУП «ВНИИА» (в дальнейшем – предприятие) осуществляется с помощью автоматизированной системы управления производственным комплексом института (АСУ ПКИ), которая обеспечивает двухуровневое планирование.

Первый уровень АСУ ПКИ обеспечивает планирование изготовления изделий (серийных, опытных, макетных), являющихся готовой продукцией предприятия, а также полуфабрикатов (деталей, сборочных единиц, изделий), являющихся составными частями изготавливаемой продукции и изготавливаемых «на полку» с целью обеспечения ритмичности и непрерывности производственного процесса. Отдельная позиция производственного плана называется плановым заданием (ПЗ).

Второй уровень АСУ ПКИ обеспечивает планирование изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ), используемых в технологической цепочке изготовления изделий, включенных в план первого уровня.

Планирование цеховой деятельности в АСУ ПКИ

В рамках второго уровня планирования АСУ ПКИ в модуле «Матрица плана» производится автоматический расчет детального состава планового задания (матрицы ПЗ), включая определение цехов-изготовителей позиций состава, их трудоемкости и сроков выполнения по теоретически выведенной формуле. Расчет матрицы осуществляется с использованием конструкторско-технологической информации, маршрутных карт, а также ряда справочников. На основе матрицы ПЗ производится автоматическое формирование цеховых планов.

Данный подход к получению планов цехов предполагал точность полученных при автоматическом формировании матрицы данных в части сроков выполнения и количества ДСЕ в рамках планового задания. В действительности даже при первичном запуске нередко возникает необходимость проведения корректировки планов обоих уровней по различным причинам: отсутствие необходимости изготовления в конкретном заказе полного состава изделия, появление задачи увеличения количества составных частей, возникновение различных требований по использованию задела. До разработки программного модуля «Рабочая матрица» отсутствовала возможность автоматизированной корректировки реквизитов ДСЕ из состава планового задания, анализа иерархического технологического отхода. В случае необходимости увеличения количества ДСЕ для учета технологического отхода или изменения сроков выполнения ДСЕ все корректировки приходилось производить непосредственно в цеховых планах в модуле «Цеховое планирование», где невозможно от-

следить иерархическую зависимость между позициями состава планового задания.

Кроме изменений матрицы ПЗ, связанных с первичной обработкой, в процессе изготовления изделия может возникнуть необходимость проведения корректировок позиций цеховых планов, связанных с изменением реквизитов планового задания, а также с выходом извещений об изменении состава. В АСУ ПКИ отсутствовал централизованный интерфейс своевременного информирования о перечне цеховых позиций, которые необходимо скорректировать, что может привести к неоправданному материальным и трудовым затратам.

Корректировка цеховых планов не отражается на позициях матрицы. В то же время пересчет матрицы в соответствии с изменениями в базе конструкторско-технологической информации (КТИ) осуществляется автоматически каждый день, что может привести к изменениям матрицы, которые в свою очередь не отражаются в цеховых планах. Несинхронизированные корректировки приводят к потерям актуальности состава в ходе выполнения планового задания, а данные по матрице ПЗ и цеховым планам не соответствуют друг другу. Ранее реализованный алгоритм значительно облегчил труд производственного диспетчера и плановика, однако значительная доля выполняемых им операций осталась за рамками автоматизации.

Таким образом, данный подход к планированию имеет следующие недостатки:

1. отсутствие иерархической зависимости между позициями цеховых планов;
2. отсутствие централизованного интерфейса информирования о необходимости корректировки детального состава планового задания;
3. отсутствие синхронизации данных по цеховым планам и матрице планового задания;

4. отсутствие актуального состава планового задания.

С целью устранения выявленных недостатков было принято решение о создании модуля «Рабочая матрица» в АСУ ПКИ, который предоставит возможность корректировки матрицы планового задания в любой момент его выполнения, обеспечивая при этом синхронизацию с планами цехов, просмотра актуального состава планового задания в режиме реального времени с учетом состояния его изготовления.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. разработка интерфейса модуля;
2. разработка средств интеграции модулей «Матрица плана», «Рабочая матрица», «Цеховое планирование»;
3. разработка средств информирования о необходимости проведения корректировок состава;
4. разработка интерфейса для сравнения действующего детального состава планового задания и состава, полученного в результате проведенных конструкторских изменений в составе изделия.

Модуль «Рабочая матрица»

Разработанный модуль «Рабочая матрица» представляет собой многопользовательское клиент-серверное приложение под управлением СУБД Oracle 10g Enterprise, обеспечивающее разграничение прав доступа к информации для различных категорий пользователей на основе Системы разграничения прав доступа Корпоративной информационно управляющей системы (КИУС) предприятия. В настоящий момент для работы с модулем предусматриваются следующие категории пользователей: сотрудник производственно-диспетчерского отдела, осуществляющий обработку матрицы ПЗ на любом этапе его изготовления, сотрудник производственно-диспетчерского бюро,



Рис. 1. Взаимодействие модуля «Рабочая матрица» с объектами КИУС

имеющий доступ к просмотру информации по матрице ПЗ, администратор системы. Модуль «Рабочая матрица» входит в состав АСУ ПКИ, являющейся частью КИУС, и находится во взаимодействии с другими объектами КИУС (см. рис. 1).

В процессе работы над системой обеспечена интеграция модуля «Рабочая матрица» и модуля «Матрица плана» в части получения рассчитанного в модуле «Матрица плана» детального состава планового задания. В модуле «Рабочая матрица» осуществляется первичная обработка этого состава. Она заключается в проведении расщепки ДСЕ, для которых не был определен автоматически цех-изготовитель, увеличении количества ДСЕ с целью учета технологического отхода, изменении сроков выполнения ДСЕ с использованием алгоритма автоматического пересчета сроков выполнения ДСЕ более высокого уровня иерархии (узлов), резервировании ДСЕ на комплекточном складе, при необходимости изменении детального состава. Пользователю предоставляется возможность проведения расчета трудоемкости по цехам в рамках обрабатываемого планового задания. После первичной обработки производится утверждение планового задания и автоматическое включение ДСЕ в планы соответствующих цехов. После утверждения матрицы ПЗ каждую ночь автоматически проводится анализ базы конструкторско-технологической информации (КТИ) на наличие изменений в составах узлов. При этом формируется перечень утвержденных плановых заданий, содержащих узлы, в которых произошли изменения. Далее пользователь модуля «Рабочая матрица» должен обработать плановые задания, вошедшие в этот перечень, приняв решение, проводить данные изменения в выполняемом плановом задании или отклонить их. Для помощи в принятии решения пользователю предоставляется информация о степени готовности как самого планового задания, так и отдельных ДСЕ, а также интерфейс для сравнения текущего состава обрабатываемого планового задания и состава, который был бы получен в результате расчета с учетом конструкторских изменений. После обработки состава планового задания проводится синхронизация измененных позиций матрицы и соответствующих им позиций цеховых планов.

Сравнение составов

Предпосылкой для создания инструмента по сравнению составов планового задания и обработки их различий явилась как практическая необходимость, так и технический недостаток, присутствующий в действующей системе. Ранее пользователю предоставлялась информация об изменениях в узлах в виде извещений, в которых приводилось описание внесенных в узел доработок. Ознакомившись с содержанием извещения, было необходимо внести корректировки в цеховые планы.

Одним из видов изменений является замена одного входящего в исследуемый узел узла на другой. В тексте извещения присутствует информация только о факте замены, при этом пользователю не предоставляется информация о составах этих узлов и их различиях. Технически операция замены узлов приводила к корректировке цеховой позиции. Одним из её реквизитов было строковое поле, состоящее из идентификаторов матрицы, разделенных знаком «\», хранившее информацию, для какого узла планового задания изготавливается данная позиция, а также какие позиции в плановом задании необходимы для



Рис. 2. Форма сравнения составов

ее изготовления. При осуществлении замены в соответствии с извещением пересчет данного поля не производился, что приводило к ситуации, при которой в плане производства образовывались позиции, чье изготовление не обуславливалось необходимостью их наличия в сборке верхнего уровня. Введение в цеховые планы ДСЕ, необходимых для изготовления нового узла, вывод из планов ДСЕ, не входящих в его состав, пересчет и корректировку количества и сроков выполнения составляющих узла приходилось производить вручную.

Разработанный в модуле «Рабочая матрица» алгоритм сравнения составов включает в себя определение перечня плановых заданий, требующих обработки, а затем в рамках одного планового задания последовательное сравнение узлов, начиная с верхнего уровня, текущего и нового состава по следующим критериям: обозначение, плановое количество, наличие данного узла в новом составе. Интерфейс инструмента представляет собой форму, в левой части которой раскрывается текущий состав, в правой – новый состав ПЗ (см. рис. 2). Используются информационные пиктограммы для идентификации характера изменений. Функция автоматического поиска позволяет определить расхождения между составами. Далее пользователю необходимо принять решение относительно отличающегося узла: удалить, заменить на узел из нового состава или принять количество, равное количеству аналогичного узла в новом составе. В случае замены осуществляется автоматическое

определение общих ДСЕ для нового и текущего состава, что существенно уменьшает число итераций запуска функции автоматического поиска. Полностью автоматизировать данный процесс пока не представляется возможным из-за неформализованного характера извещений. Но данный подход позволяет поддерживать иерархическую зависимость между ДСЕ состава, а также избежать необходимости корректировки каждой отдельной ДСЕ, осуществляя корректировку в рамках узла.

Интерфейс модуля «Рабочая матрица»

В основе интерфейсного решения разработки лежит иерархическое представление детального состава планового задания, табличное представление перечня ДСЕ, сгруппированного по цехам-изготовителям, а также графическое представление планового задания в виде диаграммы Ганта (см. рис. 3).

Пользователю предоставляется возможность управления объектами главной формы модуля в части выведения на экран и скрытия такой информации, как перечень цехов-изготовителей ПЗ, перечень цехов-кооператоров, перечень изделий базы КТИ, распределение трудоемкости ПЗ по месяцам, сопроводительные паспорта на ДСЕ, резервирование на комплекточном складе, технологические отходы. Данный подход позволяет избежать визуальной загроможденности формы, предоставляя при этом пользователю именно ту дополнительную информацию о плановом задании, которая необходима на данном этапе его обработки.

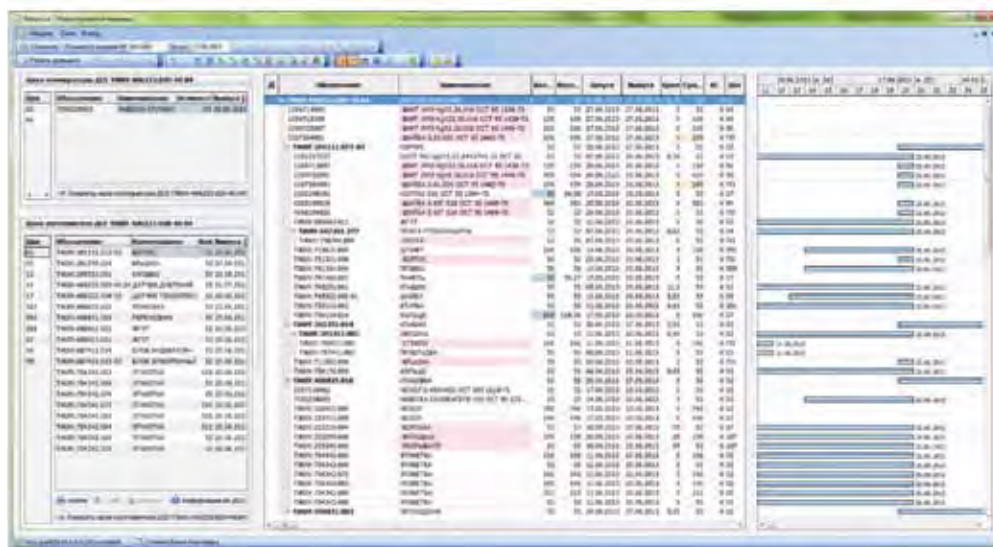


Рис. 3. Главная форма модуля «Рабочая матрица»

Совершенствование качества сварных соединений и наплавленных поверхностей оборудования АЭУ производства ОАО «Ижорские заводы»

А.М. Ермолин, Г.А. Смольников
ОАО «Ижорские заводы»

Ижорские заводы — одно из старейших промышленных предприятий России, основанное в 1722 году по указу Петра Великого. За годы своей работы заводчане вписали в историю России немало примеров достойного служения Отечеству: создание и развитие российского флота, строительство Санкт-Петербурга, оборона Ленинграда, создание первого водо-водяного атомного реактора.

Сегодня одним из стратегических направлений деятельности Ижорских заводов является проектирование и производство оборудования для атомной энергетики. В настоящее время Ижорские заводы выпускают корпусное оборудование для водо-водяных энергетических реакторов ВВЭР–1200 электрической мощностью 1200 МВт. Срок эксплуатации нового реактора увеличивается до 60 лет.

Производственные мощности предприятия позволяют выпускать уникальную по габаритам и свойствам продукцию, которая востребована на российском и зарубежном рынках атомных технологий. Ижорские заводы изготавливают корпусное оборудование первого контура для атомных энергетических установок с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР):

- корпус реактора с внутрикорпусными устройствами и верхним блоком;
- оборудование бетонной шахты реактора;
- корпус парогенератора;
- коллектор;
- компенсатор давления;
- гидроемкости САОЗ (системы аварийного охлаждения активной зоны) и СПЗАЗ (системы пассивного залива активной зоны);
- корпус главного циркуляционного насоса;
- главные циркуляционные трубопроводы;
- транспортно-технологическое оборудование;
- приводы системы управления и защиты и др.;
- запасные части.

Успешный полувековой опыт эксплуатации атомных водо-водяных реакторов производства Ижорских заводов на АЭС в различных странах является подтверждением их надежности и безопасности.

В целях повышения эффективности производства и оптимизации затрат на современном машиностроительном предприятии необходимо постоянно разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению производительности производственного процесса и снижению издержек на изготовление продукции. Необходимость постоянного внедрения указанных мероприятий диктуется все более

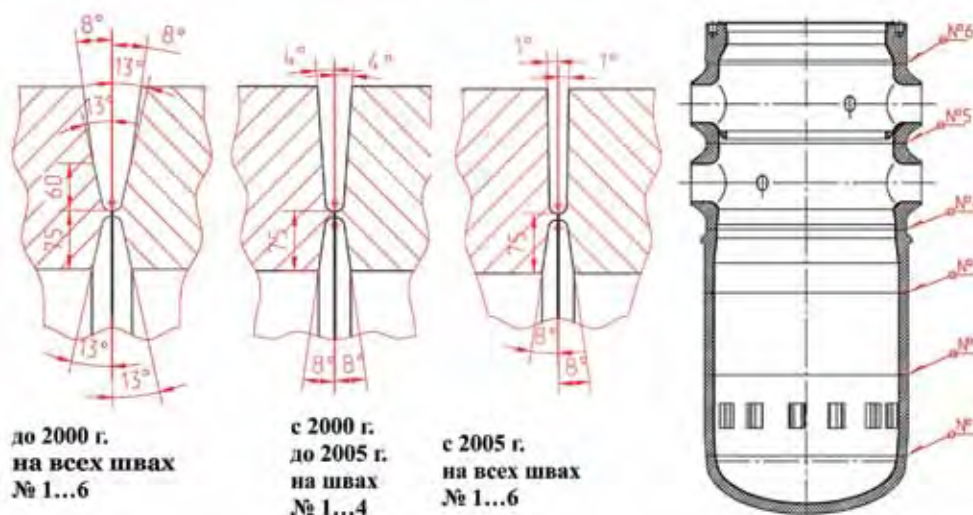


Рис. 1. Развитие технологии сварки кольцевых швов корпуса реактора ВВЭР-1000

возрастающей конкуренцией на рынке машиностроительной продукции.

В данной работе рассмотрены два основных производственных процесса на ОАО «Ижорские заводы», которые требуют большого количества временных и материальных затрат:

- автоматическая сварка под слоем флюса кольцевых швов толстостенных изделий атомной и нефтехимической промышленности;
- нанесение антикоррозионного покрытия на внутренние поверхности емкостного оборудования атомной и нефтехимической промышленности, подлежащие контакту с агрессивной рабочей средой.

Повышение производительности данных процессов в значительной степени определяет конечную стоимость изделий и, таким образом, представляет собой одну из главных задач в освоении новых технологий и прогрессивных методов в области сварки и наплавки.

Освоение и внедрение в производство автоматической сварки в узкощелевую разделку

Для сварки соединений, работающих под давлением, на ОАО «Ижорские заводы» применяются методы автоматической дуговой сварки под флюсом, ручной электродуговой сварки металлическим покрытым электродом, полуавтоматической сварки в среде инертных газов и ручной аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом.

Для сварки толстостенных конструкций наиболее применяемой в настоящее время является технология автоматической дуговой сварки одиночным проволочным электродом под слоем флюса. Производительность такого процесса составляет порядка 5 кг проволоки в час.

После проведения исследовательских и опытных работ на ОАО «Ижорские заводы» была успешно освоена и внедрена в произ-

водство технология сварки кольцевых швов в узкощелевую разделку – угол разделки был изменен с 13° на 8°, затем с 8° на 4°, затем уменьшен с 4° до 1°.

Основные цели:

- повышение качества сварки;
- снижение сварочных напряжений;
- снижение материалоемкости;
- снижение трудоемкости выполнения сварочных работ.

ОАО «Ижорские заводы» на данный момент являются единственным в России предприятием, освоившим процесс сварки в узкощелевую разделку.

Началу сварки на изделии всегда предшествуют ряд подготовительных и контрольных мероприятий, которые и были реализованы при разработке и внедрении технологии автоматической сварки кольцевых швов в узкощелевую разделку:

- 1) приобретение сварочного оборудования;
- 2) испытание механических свойств сварных соединений и аттестация технологии сварки;
- 3) обучение и аттестация персонала.

Для выполнения автоматической сварки кольцевых швов в узкощелевую разделку необходимо специализированное сварочное оборудование. На Ижорских заводах применяется сварочная головка HNG-S фирмы ESAB с системой слежения и системой автоматической раскладки валиков.

На ОАО «Ижорские заводы» были выполнены производственные контрольные сварные соединения (ПКСС), имитирующие сварные соединения на изделии с углами скоса разделок 8°, 4° и 1° и получены механические свойства, удовлетворяющие требованиям ПНАЭГ 7-010-89.

Внедрение технологии автоматической сварки кольцевых швов в узкощелевую разделку позволило сократить затраты на изготовление нефтехимического оборудования и АЭУ за счет уменьшения трудозатрат и экономии сварочных материалов, а также сократить цикл изготовления оборудования. Для сварки кольцевых швов корпуса ВВЭР-1000 с углом разделки 13° трудоемкость сварочных работ составляет 7437,5 н/часов, расход сварочной проволоки – 9822 кг; для угла разделки 1° – 3200 н/часов и 5117 кг соответственно.

Освоение технологии наплавки однородного однослойного антикоррозионного покрытия, выполненного электрошлаковым методом, взамен наплавки двойного многослойного антикоррозионного покрытия, выполненного электродуговым методом

В атомном и нефтехимическом энергомашиностроении широко применяются технологии наплавки антикоррозионных покрытий из высоколегированной аустенитной стали типа 08X19H10Г2Б на внутренние поверхности емкостного оборудования, подлежащие контакту с агрессивной рабочей средой.

В отечественной практике наиболее применяемой долгое время являлась технология автоматической дуговой многослойной наплавки ленточным электродом. Первый (переходный) слой наплавки выполняется в 1 проход лентой 07X25H13 с обязательным предварительным и сопутствующим подогревом. Второй (антикоррозионный) слой выполняется в 2-3 прохода лентой 04X20H10Г2Б, при этом для обеспечения стойкости к межкристаллитной коррозии необходимо избежать перегрева изделия выше 100°С. Коэффициент перемешивания с основным металлом составляет около 14%.

Основные цели:

- повышение качества антикоррозионной наплавки;
- снижение материалоемкости;
- снижение трудоемкости выполнения наплавочных работ.

В связи с тем, что сварка и наплавка является основным производственным процессом на ОАО «Ижорские заводы», требует большого количества временных и материальных затрат, была поставлена и решена задача внедрения высокопроизводительной однородной однослойной электрошлаковой наплавки (ЭШН) взамен двойной многослойной автоматической наплавки на внутренние поверхности емкостного оборудования атомной и нефтехимической промышленности. Таким образом, на ОАО «Ижорские заводы», после проведения исследовательских и опытных работ, впервые в отечественной практике была внедрена однородная однослойная электрошлаковая наплавка лентой ОК Band 309 LNb ESW (OK Band 11.72) сечением 0,5x60мм с применением флюса ОК Flux 10.10 фирмы ESAB, (Швеция).

В целях дальнейшего повышения эффективности сварочного производства на ОАО «Ижорские заводы» отработана и внедрена технология однородной однослойной электрошлаковой наплавки лентой сечением 0,5x90мм.

В случае использования технологии электрошлаковой наплавки защита расплавленного металла сварочной ванны обеспечивается слоем электропроводящего жидкого шлака, при этом практически вся энергия расходуется на плавление сварочной ленты и увеличение времени пребывания шлака в жидком состоянии. Это обеспечивает низкий уровень проплавления основного металла, более равномерное распределение легирующих элементов по высоте наплавленного слоя, возможность получения слоя толщиной до 6 мм за один проход и высокое качество антикоррозионного покрытия. Высокая температура металлической ванны и значительное время пребывания металла в расплавленном состоянии способствуют улучшению условий удаления газов и неметаллических включений из металла шва. По сравнению со сварочной дугой шлаковая ванна – менее концентрированный источник теплоты. Поэтому термический цикл электрошлаковой сварки характеризуется медленным нагревом и охлаждением основного металла. Применение оптимальных режимов электрошлаковой ленточной наплавки гарантирует необходимый химический и фазовый состав в условиях однослойной наплавки. Таким образом, способ электрошлаковой наплавки является наиболее предпочтительным, т. к. позволяет найти компромисс, при котором увеличение погонной энергии при наплавке не приводит к увеличению проплавления основного металла. Коэффициент перемешивания с основным металлом при однородной однослойной электрошлаковой наплавке составляет около 9%.

Внедрение электрошлаковой однородной однослойной наплавки позволяет сократить затраты на нанесение антикоррозионного покрытия на внутренние поверхности корпусного оборудования для нефтехимической и атомной промышленности за счет уменьшения трудозатрат и экономии сварочных материалов. Производительность дугового способа ленточной наплавки, по опыту применения в ОАО «Ижорские заводы», составляет примерно 8 кг/ч. Результаты, полученные при проведении опытных работ на производственном участке центральной сварочной лаборатории, и данные, приводимые фирмой ESAB, показывают, что производительность электрошлакового метода нанесения антикоррозионного покрытия составляет порядка 13 кг/ч при наплавке лентой сечением 0,5x60мм и 18 кг/ч при наплавке лентой сечением 0,5x90мм. Расход флюса при электрошлаковом методе сокращается с 1,2 кг флюса/кг ленты наплавленного металла до 0,5 кг флюса/кг ленты.

Поверхность наплавленного слоя не требует дополнительной механической и слесарной обработки. Обучение персонала работе на новом сварочном оборудовании не вызывает больших проблем, так как оборудование для дуговой и электрошлаковой ленточной наплавки практически идентично.

Были выполнены работы по исследованию качества антикоррозионной однослойной однородной наплавки, аттестация метода электрошлаковой наплавки применительно к оборудованию нефтехимической и атомной промышленности на ОАО «Ижорские заводы» и получено разрешение от государственных контролирующих органов. На данный момент электрошлаковая наплавка лентой ОК Band 309 LNb ESW (OK Band 11.72) сечением 0,5x90мм применяется при изготовлении сосудов нефтехимического назначения, а также допущена для изготовления компенсатора давления для АЭС.

Внедрение технологии наплавки однородного однослойного антикоррозионного покрытия, выполненного электрошлаковым методом, взамен наплавки двойного многослойного антикоррозионного покрытия, выполненного электродуговым методом позволяет сократить затраты на изготовление нефтехимического оборудования и АЭУ за счет уменьшения трудозатрат и экономии сварочных материалов, а также сократить цикл изготовления оборудования. Для двойной многослойной дуговой наплавки на компенсатор давления трудоемкость сварочных работ составляет 2670 н/часов, расход сварочной ленты – 9022 кг; для однородной однослойной электрошлаковой наплавки – 390 н/часов и 4236 кг соответственно.

В последние годы имеется тенденция еще больше увеличить производительность сварочных процессов. Эта необходимость диктуется возрастающей конкуренцией на рынке сварных конструкций. В целях еще большего повышения эффективности сварочного производства на «Ижорские заводы» планируют отработать и внедрить следующие технологии:

1) Автоматическая сварка под слоем флюса методом «Тандем» (2 дуги в одну сварочную ванну) в узкощелевую разделку 1° применительно к изделиям АЭС.

Внедрение автоматической сварки методом «Тандем» позволяет сократить затраты на сварочные работы при изготовлении оборудования нефтехимической и, в перспективе, атомной промышленности за счет значительного снижения трудоемкости сварочных работ. Производительность процесса сварки методом «Тандем» составляет порядка 9 кг проволоки в час, в то время, как производительность сварки одной дугой – 5 кг/час.

Были выполнены работы по исследованию качества и механических свойств сварных соединений, выполненных автоматической сваркой методом ТАНДЕМ, аттестация указанной технологии сварки применительно к нефтехимическому оборудованию на ОАО «Ижорские заводы» и получено разрешение на его применение от государственных надзорных органов.

2) Выполнение однородной однослойной антикоррозионной наплавки электрошлаковым методом лентой шириной 120 мм.

В 2013-2014 году ОАО «Ижорские заводы» планируют отработать и внедрить технологию однородной однослойной антикоррозионной наплавки электрошлаковым методом лентой шириной 120 мм применительно к оборудованию нефтехимической и атомной промышленности.

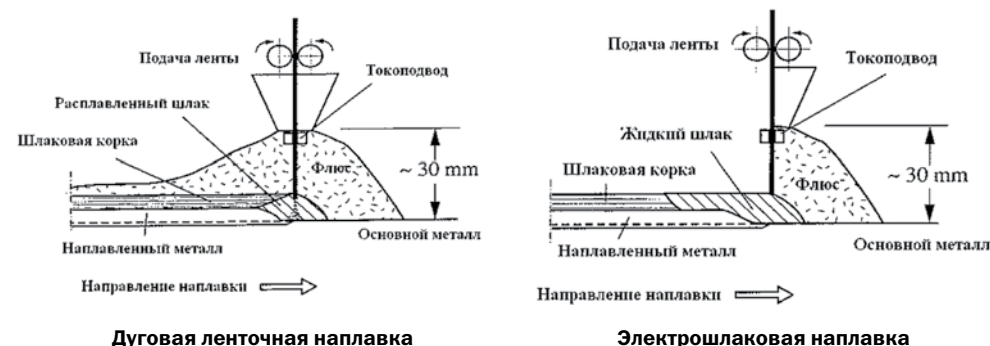


Рис. 2. Особенности технологии нанесения однослойного однородного антикоррозионного покрытия методом электрошлаковой наплавки

Исследование влияния градиентного характера энерговыделения на радиационную стойкость элементов электронных приборов

А.В. Макаренко
ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова»

Механическая реакция электронных приборов при воздействии импульсного рентгеновского излучения определяется профилем энерговыделения в них. Сильный разогрев приборов может привести к плавлению и разбрызгиванию припоев, а возникающие нагрузки, вследствие моментального разогрева за время действия излучения $t \sim 10$ нс, могут привести к деформации или полному разрушению устройства.

Выполнение расчета профилей энерговыделения в элементах электронных приборов представляет собой достаточно трудоемкую и сложную задачу, так как их многослойные структуры могут иметь достаточно существенно отличающиеся толщины – от сотен нанометров до единиц миллиметров. Проблема моделирования воздействия излучения в таких структурах заключается, прежде всего, в необходимости учитывать физические процессы взаимодействия излучения с материалами в полном объеме, то есть, учитывать образование и перенос вторичных частиц (прежде всего электронов), которые способны существенно повлиять на распределение энерговыделения в элементе электронного прибора.

Методические аспекты определения величины энерговыделения в элементах электронных приборов при воздействии импульсного рентгеновского излучения

Исследование данной проблемы производилось методом статистических испытаний Монте-Карло, реализованного в программе расчета переноса ионизирующих излучений в трехмерной геометрии. В однородных преградах малой толщины (1-2 длины среднего пробега максимальной энергии частицы рентгеновского излучения) является достаточным использование аналогового метода Монте-Карло, определяющего физическую вероятность вклада частицы в ячейку фазового пространства, однако при наличии комбинации тонких ($d \sim 1$ мкм) и толстых слоев ($d \sim 1$ мм и более) необходимо учитывать градиентный характер энерговыделения.

Использование аналогового метода в структурах с разными толщинами может привести к проблеме, связанной с недобором статистики, в геометрических областях, находящихся на достаточно большой глубине от источника излучения. Данная проблема решается либо увеличением числа историй, что в свою очередь приводит к значительному увеличению времени расчета, либо использованием равномерного детального разбиения на подслои, но в этом случае число подслоев увеличится на 3-4 порядка, что также приведет к увеличению расчетного времени. На рисунке 1 проведен сравнительный анализ расчета воздействия импульсного моноэнергетического рентгеновского излучения с энергией квантов 50 кэВ на двухслойную преграду Au-Si с толщиной слоя золота $d = 1$ мкм и слоя кремния $d = 100$ мкм.

Из графиков рис. 1 можно видеть, что расхождение между посчитанными разным способом коэффициентами ослабления достаточно большое, в слое золота максимальное значе-

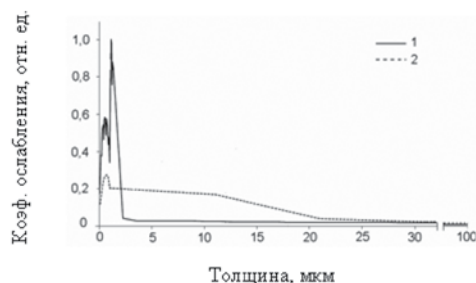


Рис. 1. Сравнительный анализ результатов моделирования действия импульсного рентгеновского излучения: 1 – с учетом градиентного характера энерговыделения; 2 – без учета

ние коэффициента ослабления отличается в 3 раза, в слое кремния – в 5 раз.

Расчет термомеханических эффектов в элементах электронных приборов при воздействии импульсного рентгеновского излучения

На основании полученных данных из расчета энерговыделения после предварительной обработки выходных результатов проведен сравнительный теплопрочностной анализ (см. рис. 2, 3). Для данного расчета используется программный комплекс, который позволяет проводить связанный теплопрочностной анализ исследуемого объекта. Данная процедура выполняется в два этапа. На первом этапе вычисляются распределения температур в рассматриваемой двухслойной структуре, в основе теплового анализа лежит решение уравнения теплового баланса, основанное на законе сохранения энергии. Для некоторого элементарного объема количество подводимой энергии минус количество отводимой энергии равно изменению внутренней энергии:

$$Q_{\text{подв}} - Q_{\text{отв}} = \Delta U_{\text{внутр}} \quad (1)$$

В дифференциальной форме имеет вид:

$$\rho c \frac{dT}{dt} + C \operatorname{div} \vec{q} = q''' \quad (2)$$

где ρ – плотность материала; c – удельная теплоемкость; T – температура; k – коэффициент теплопроводности; q''' – плотность теплового потока; q''' – объемная плотность теплового потока.

Используя закон Фурье, уравнение можно записать в таком развернутом виде:

$$k_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + q''' = \rho c \frac{dT}{dt} \quad (3)$$

где k – коэффициент теплопроводности.

Для получения системы разрешающих уравнений задачи используются следующие стандартные приемы:

- предполагается, что дифференциальное уравнение, составленное для элементарного объема, выполняется для каждого конечного элемента;

- применяются стандартные вариационные методы, в которых дифференциальное уравнение умножается на допустимую функцию температуры и интегрируется по объему элемента;

- в пределах каждого элемента температуры аппроксимируются зависимостью $T(x, y, z) = \sum N_i(x, y, z) \cdot T_i$, где величины T_i являются узловыми температурами, а функции N_i представляют собой соответствующие функции формы для рассматриваемых элементов.

Такая процедура приводит к системе уравнений для конечных элементов, которые об-

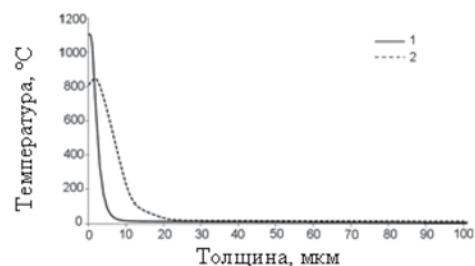


Рис. 2. Максимальный разогрев в материалах двухслойной структуры при воздействии импульсного рентгеновского излучения: 1 – с учетом градиентного характера энерговыделения; 2 – без учета

разуют глобальную систему уравнений для анализа нестационарного теплового состояния, а именно:

$$[C]\{\dot{T}\} + [K]\{T\} = \{Q\}, \quad (4)$$

где $[K]$ = матрица теплопроводности; $[C]$ = матрица удельных теплоемкостей; $\{T\}$ = узловые температуры; \dot{T} = производная температуры от времени; $\{Q\}$ = вектор узлового теплового потока. Так как при тепловом режиме действия излучений наиболее сильно проявляется зависимость теплофизических свойств материала от температуры, то при решении данной задачи проводился нелинейный анализ, следовательно, система уравнений (4) приобретает вид:

$$[C(T)]\{\dot{T}\} + [K(T)]\{T\} = \{Q(T)\} \quad (5)$$

Конечно-элементное решение определяет значения температуры в узлах, которые затем используются в качестве исходных данных для проведения связанного прочностного анализа, что позволяет определить термические напряжения, т. е. напряжения, обусловленные тепловым расширением или сжатием в исследуемой двухслойной структуре [4].

В результате данного анализа в материалах двухслойной структуры были зафиксированы разогревы и напряжения, величины которых превышают критические значения для исследуемых материалов, данный эффект не наблюдается при расчетах без учета градиентного характера энерговыделения.

Заключение

В расчетах стойкости электронных приборов необходимо учитывать градиентный характер энерговыделения, в противном случае можно упустить максимальные термо-напряжения на границах раздела элементов прибора, которые могут явиться причиной его частичной деформации или полного разрушения.

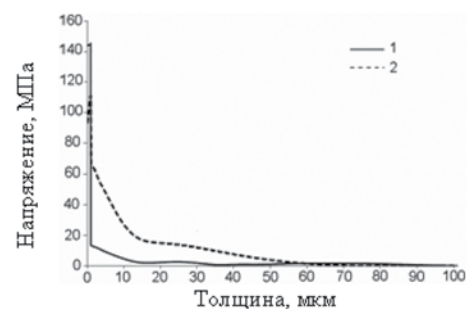


Рис. 3. Прочностной расчет действия импульсного рентгеновского излучения: 1 – с учетом градиентного характера энерговыделения; 2 – без учета



Управление проектами Project management

Направления совершенствования и проблемы ведения генподрядной деятельности ООО «УК «Уралэнергострой» (на опыте строительства энергоблока № 4 Белоярской АЭС)



ООО «УК «УРАЛЭНЕРГОСТРОЙ»

**620062, Екатеринбург,
пр-т Ленина, д. 97/А
Тел.: (343) 374-07-10
Факс: (343) 374-02-36
E-mail: info@uestroy.ru
www.uestroy.ru**

**Виктор СУРУДА,
генеральный директор Управляющей
компании «Уралэнергострой»
Олег МИНЮХИН,
инженер Управляющей компании
«Уралэнергострой»**

Возведение масштабных, технически сложных, с повышенными требованиями по обеспечению безопасности объектов, какими являются энергоблоки АЭС, в условиях рыночных отношений вызывает много вопросов и проблем как технического, так и организационного характера.

В частности, идет поиск оптимальных схем взаимодействия участников строительства АЭС. Опробуются разные схемы, включая возложение функций генподрядчика на генпроектировщика.

В своей работе «Уралэнергострой» на строительстве уникального 4-го энергоблока БН-800 Белоярской АЭС использовал классическую схему: заказчик – генпроектировщик – генподрядчик, осуществив ее адаптацию (модернизацию) к рыночным условиям хозяйствования.

Трест «Уралэнергострой» после ряда преобразований сегодня превратился в ООО «УК «Уралэнергострой» – управляющую инженеринговую компанию, осуществляющую функцию генподрядчика через дивизиональные структуры управления, обладающие оперативно-производственной самостоятельностью и несущие полную ответственность за результаты своей деятельности.

К такого рода дивизиональным структурам, работающим на договорной основе, относятся:

- головные исполнители генподряда (ООО «Управление строительства БАЭС», ООО «СтройКом» и др.);
- обслуживающие организации (ООО «Атомспецстройтехника», ООО «Электросети БН-800», ООО «Жилсервис», вневедомственная военная охрана и др.);
- организации по инженерной подготовке и сопровождению стройки (ООО «Инженерный центр», ООО «Центр качества», ООО «МАРТ-ИТ» и др.);
- логистические организации (ООО «Управление поставок и комплектации», ООО «Промметалл», ООО «Торговый дом», бетонные заводы и др.).



В. Суруда



О. Минюхин

Через дивизиональные структуры оказываются инженеринговые услуги непосредственным исполнителям работ – субподрядным организациям, поскольку важнейшей задачей генподрядной деятельности является создание благоприятных условий для производства строительно-монтажных работ.

Дивизиональные структуры являются центрами ответственности по направлениям деятельности генподрядчика. Так, ООО «УС БАЭС» отвечает за управление строительством главного корпуса с реакторным отделением и машзалом, спецбытового корпуса, спецкорпуса и ряда других объектов с предоставлением инженеринговых услуг субподрядным организациям по подготовке и организации производства, геодезическому сопровождению работ, организации охраны труда и обеспечению охраны площадки строительства.

ООО «Атомспецстройтехника» осуществляет эксплуатацию и обслуживание парка уникальной специализированной строительной техники, в состав которого входят: самоходный гусеничный кран DEMAG грузоподъемностью 600 тонн с модульным прицепом GOLDHOFERTHP/SL той же грузоподъемности; 12 башенных кранов Potain; строительные грузопассажирские подъемники Alimak, фасадная двухмачтовая платформа НЕК и другая техника.

ООО «Электросети БН-800» обеспечивает временное электро- и теплоснабжение строительной площадки 4-го энергоблока.

ООО «Жилсервис» обслуживает сеть общежитий для проживания работников субподрядных организаций.

ООО «Инженерный центр» обеспечивает стройку проектами производства работ (в том числе особо сложных) по видам работ и конструктивам (с 2005 года на строительство 4-го энергоблока выдано более 1400 ППР). Выполняет проектные и конструкторские работы на субподряде у генпроектировщика. Корректирует ПОС с учетом конкретных усло-



Бетонирование фундамента турбоагрегата

вий строительства. Осуществляет расчеты и конструирование различных приспособлений, строительной оснастки, в частности, расчеты и конструирование индивидуальной, в том числе несъемной опалубки перекрытий толщиной до двух метров, опалубки фундаментной плиты турбоагрегата. Выполняет разработки фасадных систем, быстровозводимых зданий, временных систем на период строительства (отопление, вентиляция, освещение).

ООО «Центр качества» – организация, созданная в 2005 году впервые в практике отечественного энергетического строительства, отвечает за обеспечение качества строительства. Осуществляет строительный контроль на объектах 4-го энергоблока, лабораторный контроль качества материалов и СМР, геодезический контроль и инспекционный контроль соблюдения требований ПОКАС(С) субподрядными организациями. Разрабатывает технологическую, а также организационно-методическую документацию по вопросам управления качеством. Разрабатывает и внедряет инновационные технологии производства строительных работ.

ООО «МАРТ-ИТ» обеспечивает разработку, внедрение и сопровождение информационных технологий по всем направлениям деятельности по сооружению 4-го энергоблока.

Учебный центр «Прометей» ведет обучение рабочих субподрядных организаций строительным специальностям, курсы повышения квалификации ИТР. Обучает персонал субподрядных организаций новым эффективным технологиям и безопасным методам ведения работ.

Через дивизиональные логистические организации генподрядчика осуществляется основная часть поставок на строительную площадку материалов, изделий, конструкций, а также оборудования, относящегося по сметам к материалам.

Управленческая и инженеринговая деятельность Управляющей компании в сфере выполнения монтажных работ ведется с помощью служб главного технолога по тепломонтажным и электромонтажным работам. Эти службы осуществляют инженерную подготовку монтажных работ, обеспечивают организованное подключение монтажных субподрядных организаций к процессу сооружения 4-го энергоблока, их взаимодействие с субподрядчиками, выполняющими строительные работы. Службы анализируют ход выполнения монтажных работ и готовят рекомендации руководству Управляющей компании.

Работе с субподрядчиками уделяется большое внимание. Приоритет отдается тем организациям, с которыми налажены проверенные временем производственные отношения. Таких до 50%, при этом форма собственности значения не имеет.

Значительная часть привлеченных к строительству 4-го энергоблока субподрядных организаций располагает инженерными, рабочими кадрами, технической базой, не в полной мере соответствующими требованиям строительства объектов ядерной энергетики. Поэтому всесторонняя поддержка субподрядных организаций не только в плане инженерной подготовки и снабжения, но и в плане овладения новыми технологиями производства работ, повышения

квалификации кадров позволяет реализовать на практике принцип «Сила генподрядчика в его субподрядчиках».

В итоге на стройке сложилось добровольное содружество субподрядных организаций, работающих совместно и наращивающих свой технический и кадровый потенциал. Некоторые из них, например ООО «Высотка монолит», начинают собственную генподрядную деятельность, используя опыт «Уралэнергостроя».

Жесткие сроки, особенности конструктивных решений объектов строительства сделали необходимым поиск и освоение в производстве инновационных решений как технического, так и организационного плана.

Впервые при сооружении атомных станций по инициативе Управляющей компании все оборудование, включая реактор, монтируется в условиях максимального совмещения строительных и монтажных работ.

Для обеспечения этого совмещения применена современная грузоподъемная техника. Использование самоходного гусеничного крана DEMAG грузоподъемностью 600 тонн позволило установить в шахту реакторного отделения доставленные из цеха сборки на специальном большегрузном модульном прицепе укрупненные элементы реактора массой более 200 тонн и совместить строительные и монтажные работы до установки мостовых кранов.

Силами Инженерного центра был выполнен проект устройства чистой зоны в реакторном отделении. В результате сборка реактора значительно ускорилась. Итогом данной оптимизации процесса производства СМР является сокращение сроков монтажа реактора 4-го энергоблока на один год.

На сооружении главного и специального корпусов применены башенные стационарные краны Potain с обеспечением впервые в практике отечественного энергостроения их совместной работы за счет использования антиколлизийных систем предотвращения столкновений TOP TRACING и RADIO LINK. В сравнении с предусмотренными ПОС кранами на рельсовом ходу это позволило значительно увеличить объем и скорость подъема грузов.

Конструктивной особенностью объектов 4-го энергоблока является проектное решение их, в основном, в монолитном железобетоне, объем применения которого уже превысил 500 тыс. м³. Объем суточной укладки бетонной смеси в отдельные периоды достигал 1000 м³.

Для обеспечения процесса бетонирования как в количественном, так и в качественном отношении «Уралэнергострой» приобрел бетонные заводы, оснащенные оборудованием фирм Khille и Liebherr, автобетоновозы, бетононасосы фирм SANY и Putzmeister, гидравлические бетонораздаточные стрелы. Поставки сыпучих и других компонентов бетонной смеси организованы через ООО «Торговый дом». Таким образом, вся технологическая цепочка производства, транспортирования и укладки бетона укомплектована за счет генподрядчика высокопроизводительной импортной техникой. Контроль качества и подбор составов бетонной смеси осуществляется аккредитованной испытательной лабораторией Центра качества. Субподрядным организациям остается для обеспечения себя бетоном своевременно подавать заявки на его поставку.

Централизованное производство бетонной смеси при постоянном лабораторном сопровождении позволяет обеспечить требуемое качество этого «капризного» многокомпонентного материала и одновременно создать субподрядчикам благоприятные условия для производства бетонных работ.



Монтаж корпуса атомного реактора с помощью крана DEMAG

В условиях наличия густоармированных конструктивов (стены, перекрытия, балки) при применении обычных бетонных смесей возникают трудности с обеспечением стопроцентного заполнения форм, уплотнения смеси. На поверхности конструкций появляются многочисленные каверны и раковины, для устранения которых требуется выполнение трудоемких ремонтных работ.

Испытательной лабораторией ООО «Центр качества» в содружестве с НИИЖБ был подобран состав и внедрен самоуплотняющийся (литой) бетон. Эта текучая бетонная смесь, изготавливаемая с применением тонкодисперсных заполнителей, уплотняется под собственным весом без вибрации, заполняя полностью форму даже в густоармированных конструкциях.

В результате темп укладки бетона возрос в два раза, снижены трудо- и энергозатраты, исключены затраты на ремонт поверхностей конструкций.

Начиная с 2009 года объем применения самоуплотняющегося бетона составил 98,6 тыс. м³, в 2011 году его доля достигла 54,1% от всего уложенного бетона.

При сооружении верхней плиты фундамента турбогенератора объемом 1176 м³ освоено применение разработанного учеными НИИЖБ бетона из саморастекающейся бетонной смеси с минимальной экзотермией и свойствами, компенсирующими усадку в процессе твердения бетонной смеси, что обеспечило трещиностойкость конструкции.

При сооружении конструкций опорной балки и свода над реакторным отделением применен высокопрочный бетон класса В50 с противосадочными свойствами.

Огромный объем ванно-шовной сварки стыков арматуры диаметром преимущественно 28-40 мм представляет в условиях острого дефицита квалифицированных сварщиков большую проблему. В этих условиях инженерами «Уралэнергостроя» было разработано и внедрено механическое соединение арматуры методом обжима с применением трубочных муфт «БИС-2» и переносных ручных компрессоров. Сменная выработка при устройстве арматурных соединений возросла с 6–8 стыков сварщиком 5–6 разрядов при ванно-шовной сварке до 50–60 стыков арматурщиком 3 разряда при обжиме. Прочность соединения достаточно высока: из более чем 400 тысяч выполненных этим методом соединений забракованы единицы.

Создано единое информационное пространство деятельности структур генподрядчика и их взаимодействия с заказчиком, субподрядчиками и анализа на основе интегрированного программного комплекса «Управление строительным производством», который включает:

- систему календарно-сетевое планирования с контролем хода работ участников проекта;
- бухгалтерский учет;
- материально-техническое снабжение;

- комплектацию оборудования по заказным спецификациям;
- отчетность по формам КС-2, КС-3, КС-6;
- сметную программу и др.

Перечень примененных инновационных решений не ограничивается приведенными примерами.

Существенным фактором соблюдения сроков и обеспечения качества строительства является своевременная разработка учитывающей конкретные условия производства рабочей документации. Приходится сталкиваться с задержкой поступления рабочей документации и необходимостью ее доработки.

Практика сооружения 4-го энергоблока БАЭС уже потребовала участия одной из дивизиональных структур генподрядчика – Инженерного центра – в перепроектировании ряда объектов с учетом повышенных требований новых СНиП и других нормативных документов по теплозащите зданий, устройству кровельных покрытий. Проектная документация разрабатывалась Инженерным центром самостоятельно и с привлечением проектных организаций по ряду объектов. Всего разработано проектной документации с учетом выполнения особо сложных ППР на объем СМР около 5,7 млрд руб.

По нашему мнению, эта практика должна быть расширена. Исполнители работ лучше знают конкретные условия строительства и его производственной базы и при наличии квалифицированных конструкторов и технологов может выпускать рабочую документацию, учитывая местные условия и не требующую дальнейшей доработки.

Кстати, на Западе широко распространена практика выполнения рабочей документации не разработчиками проекта, а проектно-конструкторскими подразделениями строительных фирм.

В настоящее время в Управляющей компании наряду с Инженерным центром, который осуществляет собственными силами разработку ППР и рабочей документации по строительной части проекта, создан проектный отдел, который может взять на себя выполнение рабочей документации по монтажным работам.

Осуществление инженеринговой деятельности по подготовке и управлению строительством через автономные хозяйственные дивизиональные структуры, которые имеют стимулы работать инициативно и творчески, позволило интенсивно наращивать объемы строительномонтажных работ при значительно меньших темпах роста численности управленческого и инженерно-технического персонала. Так, в период 2007 – 2012 годов консолидированная выручка «Уралэнергостроя» выросла в 6,4 раза при росте численности персонала в 1,7 раза.

Управляющая компания «Уралэнергострой» много в своей деятельности почерпнула из богатейшего опыта крупнейшего в СССР строительномонтажного треста «Уралэнергострой», построившего на Урале и в Сибири 30 электростанций, в том числе и первую в стране промышленную атомную электростанцию – Белоярскую АЭС. Адаптировав этот опыт к работе в современных условиях, наша компания сегодня является одной из крупнейших в России строительномонтажных организаций, позиционирующей себя на рынке сооружения технически сложных объектов – атомных и тепловых электростанций, горнодобывающих комплексов. Мы строим эти объекты «под ключ» с пуском мощностей и обучением персонала заказчика.

В развитии атомной энергетики Управляющая компания «Уралэнергострой» свое будущее связывает со строительством энергоблоков АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с натриевыми и свинцовыми теплоносителями.

**Объекты:**

- Калининская АЭС
- Ростовская АЭС
- Балтийская АЭС
- Белорусская АЭС
- АЭС Куданкулам
- Смоленская АЭС
- Балаковская АЭС
- Южноуральская ГРЭС
- ФГУП ПО «Маяк»



Инжиниринговая компания «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» имеет большой опыт управления сложными проектами по обеспечению высокотехнологичным оборудованием объектов атомной и традиционной энергетики. На основе собственных возможностей и широкой международной кооперации компания «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» реализует проекты «под ключ» (EPC, EPC-M), осуществляя весь комплекс работ:

- ФИНАНСИРОВАНИЕ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- КОНСТРУИРОВАНИЕ
- ПРОИЗВОДСТВО
- СЕРТИФИКАЦИЮ
- СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ
- СОГЛАСОВАНИЕ С НАДЗОРНЫМИ ОРГАНАМИ
- ДОСТАВКУ
- МОНТАЖ
- ПУСКОНАЛАДКУ
- СДАЧУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Привлечение к сотрудничеству ведущих российских и зарубежных компаний – производителей высокотехнологичного оборудования, лучших внешних экспертов, а также использование новейших технологий определяют эффективность, надежность и безопасность создаваемых нами систем и конструкций вне зависимости от их технологической сложности.

ООО «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» расширяет свою деятельность за счет увеличения портфеля заказов по крупным и ответственным проектам и расширения спектра предоставляемых услуг. Наличие необходимых лицензий на изготовление, конструирование и проектирование, системы менеджмента качества и профессионализм сотрудников компании гарантируют соблюдение норм стандартов и требований, что является неотъемлемой частью EPC-процесса.

При реализации проектов компания «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» использует принцип оптимального сочетания следующих параметров:

- цена
- долговечность
- безопасность
- качество
- технический уровень
- экологичность
- надежность
- технологичность
- затраты на эксплуатацию и ремонт

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**Системы:**

- резервные дизельные электростанции 5,6-10 МВт
- система преднапряжения защитной оболочки
- вентиляторные градирни
- пускорезервные котельные установки

Оборудование:

- трубопроводы и детали трубопроводов
- трубопроводная арматура
- теплообменное оборудование
- насосное оборудование
- электротехническое оборудование
- грузоподъемное оборудование
- вспомогательное оборудование
- металлоконструкции, металлопрокат, поковки, отливки
- гидротехническое оборудование
- емкостное оборудование

Компания «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» является одним из ведущих предприятий атомного инжиниринга и надежным бизнес-партнером. Мы всегда готовы к сотрудничеству и предлагаем воспользоваться нашим опытом и компетенциями.

С наилучшими пожеланиями и успехов в бизнесе!

Алексей Саенко, генеральный директор



ООО «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ»
603024, Россия, Нижний Новгород,
Невзоровых ул., 51
Тел./факс: +7 (831) 412-99-88
E-mail: prekomnn@mail.ru,
info@prekom.ru
www.prekom.ru



Projects:

- Kalininskaya NPP
- Rostovskaya NPP
- Baltiyskaya NPP
- Belorusskaya NPP
- Kudankulam NPP
- Smolenskaya NPP
- Balakovskaya NPP
- Yuzhnouralskaya regional state power station



PROMENERGOKOMPLEKT engineering company has great expertise in managing complex projects of high-tech equipment supplies for conventional and nuclear power facilities. PROMENERGOKOMPLEKT company implements turnkey projects (EPC, EPCM) on the basis of its own capabilities and broad international cooperation and executes the whole set of activities, including:

- FINANCING
- DESIGN
- DESIGN ENGINEERING
- MANUFACTURING
- ADAPTATION
- CERTIFICATION
- DELIVERY
- CIVIL WORKS
- INSTALLATION
- COMMISSIONING

The highest level of efficiency, durability and safety of our products, regardless to their technical complexity is the result of engagement of leading Russian and foreign manufacturers of high-tech equipment, external experts support and use of advanced technologies.

PROMENERGOKOMPLEKT LLC expands activities and scope of services by filling its order portfolio with large important projects. Compliance with standards and requirements as an integral part of the EPC process is guaranteed by quality management system of the company and all required licenses for manufacturing, design engineering, designing.

When implementing the projects, PROMENERGOKOMPLEKT Company provides the best configuration of the following parameters:

- price
- quality
- fail-free performance
- durability
- technical level
- technological effectiveness
- security
- sustainability
- maintenance costs

KEY PRODUCTS

Systems:

- standby diesel-generator sets with output from 5,6 to 10 MW
- pre-tensioning system
- ventilator cooling towers
- start-up steam generating units

Equipment:

- pipes and pipelines
- valves
- heat-exchanging equipment
- pumps
- electrical equipment
- lifting equipment
- auxiliary equipment
- metal structures, forgings and castings
- hydrotechnical equipment
- vessels

PROMENERGOKOMPLEKT Company is a leading nuclear engineering company and a trustworthy business partner. We are always open to cooperation and we offer you to use our experience and skills.

We wish you all the best and good luck in business!

Alexey Saenko, Director General

"PROMENERGOKOMPLEKT" LLC
51, Nevzorovyh st., Nizhny Novgorod,
Russia, 603024
Tel./fax: +7 (831) 412-99-88
E-mail: prekomnn@mail.ru,
info@prekom.ru
www.prekom.ru



Атомная энергетика в Чешской Республике. Компания «ŠKODA JS a. s.»



Роман Здебор,
директор по качеству



Йозеф Ржига,
исполняющий
обязанности
PR-менеджера



Петр Альтшул,
ВРИО директора
дивизиона
«Инжиниринг АЭС»



Иржи Янечек,
директор дивизиона
«АСУТП АЭС»



Франтишек Крчек,
директор дивизиона
«Сервис АЭС»



Мирослав Маржик,
начальник отдела
обеспечения каче-
ства и охраны труда

Акционерное общество «ŠKODA JS» работает в атомной промышленности уже почти 60 лет. За это время оно приобрело богатый опыт и зарекомендовало себя в качестве надежного поставщика современного оборудования и изделий по всему миру. До настоящего момента компания изготовила и поставила 21 комплект атомных реакторов типа ВВЭР-440 и 3 комплекта типа ВВЭР-1000 для атомных электростанций в Европе. В составе этих поставок был корпус и внутрикорпусные устройства реактора, регулирующие механизмы и прочее важное оборудование первого контура.

Начало атомной программы в Чешской Республике

Вскоре после окончания Второй мировой войны группа чехословацких физиков загорелась идеей продолжить довоенные работы в области атомной физики, благодаря чему уже в 1946 г. было принято решение организовать при Чехословацкой академии наук и искусства отдельный Институт атомной физики. Институт занимался сооружением первого ускорителя частиц (1948 г.), организацией целого ряда научно-исследовательских лабораторий для проведения исследований в области радиоактивного излучения, спектрометрии, радиохимии, физики низких температур, применения радиоизотопов; на рубеже 1952-53 гг. в Институте атомной физики начались работы по созданию и сооружению собственного экспериментального реактора.

В это время в области атомной энергетики произошли неожиданные изменения на международном уровне. В конце 1953 г. президент США Дуайт Эйзенхауэр предложил советскому правительству использовать международное сотрудничество по использованию атомной энергии в мирных целях. В связи с этой программой, получившей название «Атом для мира», произошел целый ряд событий, оказавших значительное влияние на развитие атомного машиностроения во всем мире, в Чехословакии и на предприятии «ŠKODA» в городе Пльзень, в частности. В 1954 г. Генеральная Ассамблея ООН призвала провести в 1955 г. в Женеве первую международную конференцию по атомной энергии. Еще до того, как она состоялась, советское правительство

предложило своим союзникам сотрудничество в области использования атомной энергии в мирных целях, и уже в июне 1955 г. было заключено соглашение между СССР и ЧСР, на основании которого в рекордно короткий срок – за два года – был создан и запущен первый чехословацкий исследовательский реактор мощностью 2000 кВт, а впоследствии и циклотрон мощностью до 25 МэВ. То, с какой быстротой и оперативностью на этом первом этапе развивалась атомная физика и техника в Чехословакии, не может не удивлять и сегодня. Уже в 1955 г. было принято решение создать новый Институт атомной физики в поселке Ржеж у Праги, кроме того был основан Факультет технической и ядерной физики.

Не прошло и года после заключения соглашения о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии, а в марте 1956 г. СССР и ЧСР подписали следующий договор об оказании помощи при сооружении первой чехословацкой атомной электростанции А-1, для которой был выбран тяжеловодный реактор, охлаждаемый CO_2 , мощностью 150 МВт (HWGCR – тяжеловодный газоохлаждаемый реактор). На основании этого договора на ряде чехословацких предприятий, в том числе, «ŠKODA Plzeň», «Energoprojekt», «SKD Praha», «EGU» начали создаваться коллективы специалистов-атомщиков. Причем, с самого начала благодаря многолетней традиции в области энергетического машиностроения и хорошей научно-технической базе компании «ŠKODA Plzeň» была отведена ведущая роль в ходе подготовки сооружения первой чехословацкой атомной электростанции А-1. В 1957 г. в состав специализированной группы входили более ста человек, из них несколько десятков были откомандированы в СССР в научно-исследовательские институты, занимающиеся научным руководством и разработкой технического проекта реактора и первого контура атомной электростанции А-1.

Работы над проектом А-1 шли в СССР все более и более интенсивно, поэтому было необходимо дополнить научные и промышленные структуры специальными высшими и средними учебными заведениями, производственными испытательными лабораториями; требовалось создать новые отрасли научных исследований

– например, тензометрию высоких температур, пространственные поляризационно-оптические измерения, исследования хрупкой прочности толстостенных сосудов, радиационного повреждения материалов конструкции и изолирующих материалов. Кроме того, требовалось разработать новые технологические приемы вакуумной плавки стали, сварки сталей экстремальной толщины и алюминиевых сплавов, требовалось разработать неразрушающие методы контроля, в частности, сварных соединений.

Стандартной практикой стала проверка важных компонентов на прототипах в масштабе 1:1 при номинальных рабочих условиях давления, температуры и среды. Это касалось, например, тепловыделяющих сборок, механизмов регулирования, а также всей крышки корпуса реактора. Первые большие аналоговые и автоматические цифровые вычислительные машины применялись именно для решения проблематики атомного машиностроения. Небывалые масштабы приобрело сотрудничество промышленности с чехословацкими и зарубежными научными организациями.

Программа ВВЭР

В 1970 г. было принято решение продолжать развитие атомной энергетики в ЧССР на базе реакторов типа PWR (ВВЭР). Планировалось, что роль ЧССР будет заключаться, главным образом, в монтаже советских поставок, как это в основном и происходило в ходе сооружения обоих блоков атомной электростанции В-1 Бугунице в семидесятые годы.

Тем не менее, после первого нефтяного кризиса оказалось, что производственные мощности советского атомного машиностроения уже не справляются с возрастающим спросом на отечественном и зарубежном рынках, поэтому в 1974 г. СССР обратился к ЧССР с просьбой об участии в производстве ядерных паропроизводящих установок. В первом случае речь шла о поставках для пяти блоков ВВЭР-440/В-213 до 1980 г., а после ввода в эксплуатацию первого собственного блока с ВВЭР-1000 – для всех строящихся АЭС с реакторами ВВЭР-440/В-213. В дальнейшем это производство было расширено и на реакторы ВВЭР -1000/В-320.

Проекты ядерных электростанций типа ВВЭР

Атомная электростанция	Количество и тип блоков	Год поставки	Генеральная поставка технологической цепи	Финальные поставки первого контура и топливного хозяйства					Современное состояние
				Рабочий проект	Производство компонентов	Сборка/установка	Монтаж	Пуск	
Богумице А1, Словакия	1 x HWGCR (150MW)	1965-72	✓	✓	✓	✓	✓	✓	В ликвидации
Паш, Венгрия	4 x ВВЭР 440 / В-213	1980-87			✓		✓		В эксплуатации
Богумице В2, Словакия	2 x ВВЭР 440 / В-213	1982-85		✓	✓	✓	✓	✓	В эксплуатации (блок 1 - 1984, блок 2 - 1985)
Дукованы, Чехия	4 x ВВЭР 440 / В-213	1982-87		✓	✓	✓	✓	✓	В эксплуатации (блок 1 - 1985, блок 2 - 1986, блок 3 - 1986, блок 4 - 1987)
Норд, Германия	3 x ВВЭР 440 / В-213	1982-88		✓			✓		В ликвидации
Жарновец, Польша	4 x ВВЭР 440 / В-213	1986-88		✓					Проект отменен
Мохоцце, Словакия	4 x ВВЭР 440 / В-213	1987-		✓	✓	✓	✓	✓	Блоки 1, 2 в эксплуатации от 1988 или же 1999 г. Блоки 3, 4 - достройка в 2013, 2014 г.
Белене, Болгария	1 x ВВЭР 1000 / В-320	1988-			✓				Реактор установлен на Калининской АЭС/4
Темелин, Чехия	2 x ВВЭР 1000 / В-320	1991-2003		✓	✓	✓	✓	✓	В эксплуатации (блок 1 - 2002, блок 2 - 2003)

* Производство + шефмонтаж реактора

Другие капитальные проекты

Название проекта	Количество и тип блоков	Год	Атомная электростанция	Примечание
Обновление системы контроля и управления - первая фаза	4 x VVER 440 / V-213	2001 - 2009	АЭС Дукованы, Чехия	модули М1 и М2
Обновление системы контроля и управления - вторая фаза	4 x VVER 440 / V-213	2007 -	АЭС Дукованы, Чехия	модули М3, М4 и М5 - будут завершены в 2016 г.

Однако, такой объем производства атомного оборудования было уже невозможно обеспечить в универсальных машиностроительных цехах. Поэтому производственные машиностроительные мощности в ЧССР еще в семидесятых годах были расширены посредством целевых инвестиций в сумме более 5 млрд чешских крон; в частности, на предприятии «ŠKODA» был сооружен цех тяжелого машиностроения, предназначенный для производства реакторов, и цех точной обработки для производства приводов регулирующих стержней.

Акционерное общество «ŠKODA JS a. s.»

Компания «ŠKODA JS a. s.» работает в области атомной энергетики уже более половины столетия; она приняла участие в сооружении существенной части ядерного острова всех чешских и словацких атомных блоков. АЭС, использующие технологию ВВЭР, относятся к числу самых надежных электростанций в мире.



Рис. 1. Редуктор привода органа регулирования ПРО-М (ВВЭР-440)

С 2004 г. компания «ŠKODA JS a. s.» является членом российской группы ОМЗ. В своих производственных и инженерно-технических дивизионах компания развивает стратегические отрасли бизнеса, специализирующиеся на разработках и поставках для атомной энергетики, а в последнее время также для нефтеперерабатывающей, нефтехимической и газовой промышленности.

В настоящее время фирма «ŠKODA JS» осуществляет поставки технологии ВВЭР для традиционных чешских, словацких, венгерских и украинских заказчиков – эксплуатантов АЭС: «ČEZ, a. s.», «Slovenské elektrárny, a. s.», «MVM Paks NPP Ltd.» и НАЭК «Энергоатом». Речь идет о приводах регулирующих стержней, герметичных кабельных проходках и стеллажах уплотненного хранения отработавшего ядерного топлива.

Самым крупным проектом на рынке реакторов типа PWR в 2012 г. было завершение производства внутрикорпусных устройств реактора EPR для 1-го блока китайской АЭС «Тайшань». Следующий крупный заказ для французского заказчика – производство и постепенный монтаж оборудования для выгрузки отработавшего топлива из строящегося блока типа EPR на АЭС «Фламандиль». В этом проекте компания «ŠKODA JS a. s.» является единственным прямым зарубежным поставщиком компании «EDF». Часть монтажа была осуществлена в 2012 г., оставшиеся монтажные работы и ввод в эксплуатацию будут осуществлены до конца 2014 г.

Компания «ŠKODA JS a. s.» работает и в стратегической области производства оборудования для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива. Многолетнее сотрудничество с ключевым немецким заказчиком GNS mbH в данной области недавно завершилось заключением лицензионного контракта, который предоставляет возможность использовать дизайн контейнера CASTOR® 440/84M и торговый знак CASTOR® для собственных прямых поставок эксплуатантам атомных электростанций в Чехии, Словакии и в некоторых других странах. Кроме того, был подписан контракт на поставку восьми контейнеров типа CASTOR®1000/19 со сроком поставки до 2015, с опционом еще на восемь контейнеров со сроком поставки до 2017 г.

Инженерные и производственные способности фирмы будут применяться не только в атомной программе, но и в неатомной области – производстве оборудования для нефтеперерабатывающей, нефтехимической и газовой отраслей. Для этой цели было основано отделение Oil & Gas, которое будет способствовать более полному использованию инженерных и производственных мощностей компании.

Производственная база и технологические возможности

Производственные мощности компании находятся в г. Пльзень (Чехия) и размещены в двух объектах:

• Объект Болевек

Здесь, на окраине города Пльзень, находится официальное место расположения компании, здесь же располагается менеджмент фирмы, а также специализированные подразделения – инжиниринг, проектный, конструкторский, технологический отделы, менеджмент качества, отдел кадров, финансовый и коммерческий отделы. Производственные мощности, включая чистый монтаж оборудования, сосредоточены в цехе точной обработки. В объекте имеется и лаборатория для испытания оборудования реактора.

• Реакторный цех

Производственный участок для выпуска крупнотоннажных и крупногабаритных сварных сосудов и конструкций находится в центре города Пльзень, на территории предприятия «ŠKODA».

Производственное оборудование

Все оборудование компании полностью в рабочем состоянии. Машинный парк в обоих объектах преимущественно новый, старое оборудование прошло капитальный или восстановительный ремонт, запланированы необходимые инвестиции для замены оставшейся части устаревшего оборудования.

Компания располагает обширным парком металлообрабатывающего оборудования – карусельными, горизонтально-расточными станками, токарными, фрезеровальными станками и обрабатывающими центрами с



Рис. 2. Шахта активной зоны реактора EPR



Рис. 3. Контейнер CASTOR® 440/84

ЧПУ. Освоены технологии сварки для производства корпусов атомных реакторов, включая внутрикорпусные устройства, специальные сварные конструкции, компоненты складов отработанного топлива и компоненты тепло-выделяющих сборок.

Важным видом деятельности является ремонт атомного оборудования, в компании разрабатываются процедуры сварки для ремонта компонентов оборудования реакторов. Компания располагает и уникальным оборудованием, например, станками для глубокого сверления, а также оборудованием для сварки электронным лучом.

Специальная подготовка персонала сварщиков для ручных и механизированных методов сварки для производства атомного оборудования осуществляется в соответствии с внутренними инструкциями, а также в соответствии со стандартами ČSN, EN и др. Сварщики и операторы квалифицируются в соответствии со стандартами ČSN EN 287-1, ČSN EN 1418, AD 2000 – Merkblatt HP3, NTD A.S.I. и американскими стандартами ASME (Нормы и правила Американского общества инженеров-механиков, раздел IX).

Основная деятельность в 2012 и 2013 гг.

Инвестиционный инжиниринг – ключевая сфера деятельности фирмы «ŠKODA JS a. s.», приносящая ей более 60 % выручки.

Деятельность обеспечивается дивизионом «Инжиниринг АЭС» и дивизионом «Системы контроля и управления АЭС», выполняющими проектирование (проекты машинного оборудования, электрооборудования и систем АСУТП) для атомных электростанций, в частности, типа ВВЭР, для ядерного острова и второго контура,

включая трубопроводные системы в следующем объеме:

- комплектация крупных инвестиционных проектов, координация поставщиков для ядерного острова и неядерной части АЭС;
- управление реализацией на месте (site management) для вышеуказанного объема;
- комплексное обеспечение поставок: обеспечение качества, контроль соблюдения плана-графика, отчетная и контрольная деятельность.

Модернизация системы контроля и управления АЭС «Дукованы»

«ŠKODA JS» является генеральным подрядчиком этого крупного инвестиционного проекта, цель которого состоит в том, чтобы заменить и дополнить элементы системы АСУТП всех энергоблоков, оказывающие существенное влияние на атомную безопасность, повысить эксплуатационную надежность, продлить срок службы и повысить готовность блоков к эксплуатации. Полная модернизация систем АСУТП позволит эксплуатировать настоящую АЭС как минимум до 2025 г. Конкретные системы АСУТП с этой целью были разделены на модули, обозначенные на 1-м этапе модернизации АСУТП как модули М1, М2, на 2-м этапе как модули М3 – М5.

Первый этап, стоимость которого составляла почти 7 млрд чешских крон, был начат в 2000 году и включал в себя системы безопасности, системы управления мощностью реактора (модуль М1) и информационные системы (модуль М2). В течение 2005-2009 гг. в соответствии с графиком работ по договору постепенно вводились в эксплуатацию модернизированные системы АСУТП на всех четырех блоках. Все новое оборудование на конкретных блоках устанавливалось постепенно, в течение четырех идущих друг за другом ППР. В промышленную эксплуатацию оборудование было введено только в течение последнего ППР.

В октябре 2007 г. был начат второй этап проекта (модули М3, М4, М5) стоимостью более 4 млрд чешских крон. Эта часть проекта включает в себя замену систем управления первого контура, турбины и второго контура. В комплект поставки входит также новая блочная диагностическая и информационная система вышестоящего уровня DIAG, предназначенная для сбора и обработки эксплуата-



Рис. 5. Модернизация системы контроля и управления на АЭС «Дукованы»

ционных и диагностических данных. Подобная система в архитектуре АСУТП АЭС «Дукованы» до настоящего времени отсутствовала.

Работы на конкретных блоках ведутся в ходе планово-предупредительных ремонтов для технического обслуживания и замены топлива. Этот метод монтажа предъявляет жесткие требования к координации большого объема деятельности как в ходе подготовительных работ, так и непосредственно в ходе ППР. Способ монтажа, стратегия испытаний и ввод в эксплуатацию модернизированных систем АСУТП без прекращения нормальной эксплуатации электростанции совершенно уникальны, поскольку аналогичная замена настолько крупной и важной технологической части АЭС еще никогда и нигде в мире на ядерной энергетической установке не проводилась.

Проект модернизации АСУТП АЭС «Дукованы» осуществляется в соответствии с утвержденным планом-графиком работ. Следует отметить, что на протяжении всего периода реализации проекта не произошло ни одного какого-либо чрезвычайного события, которое повлияло бы на нормальную эксплуатацию АЭС «Дукованы». Комплексная модернизация АЭС «Дукованы» будет завершена в 2016 г.

Достройка 3-го и 4-го блоков АЭС «Моховце»

«ŠKODA JS» является одним из главных поставщиков в проекте достройки третьего и четвертого блока АЭС Моховце. В 2009 г. был подписан договор между «ŠKODA JS» и компанией «Slovenské elektrárne», на основании которого компания «ŠKODA JS» стала поставщиком важных систем: первый контур, транспортно-технологическая часть, соединительные трубопроводы, промконтур охлаждения, часть системы АСУТП и мастерские технического обслуживания. Из договора следует, что эти системы поставляются «под ключ» – объем ответственности «ŠKODA JS» включает в себя рабочую документацию, поставки, монтажные работы, испытания и запуск целых систем. С учетом огромного объема и комплексности услуг предъявляются большие требования к профессиональной и координационной деятельности компании «ŠKODA JS». В связи с тем, что речь идет о достройке, необходимо отметить, что с тех пор, когда строительство было остановлено, произошли и принципиальные изменения в законодательстве. Это несет с собой многочисленные изменения, которые касаются как строительной части, так и технологических поставок и монтажа.

Основная рабочая нагрузка в 2012 г. пришла на финальную доработку рабочей документации для обоих блоков, составление программ испытаний и программ пусковых работ, а также на работы по восстановительному ремонту. Кроме того, были завершены поставки оборудования на стройплощадку и работы по восстановительному ремонту ранее поставленного оборудования. Была также су-



Рис. 4. Атомная электростанция «Темелин» 1-й и 2-й блоки



Рис. 6. 3D-модель «Первый контур ВВЭР-440»

щественным образом укреплена целостность подрядной цепочки, применяемой компанией «ŠKODA JS a. s.» в данном проекте. Неоднократно была подтверждена способность компании предоставить инвестору широкий спектр поставок и услуг на самом высоком уровне.

В рамках подрядной цепочки компания «ŠKODA JS» сотрудничает с целым рядом фирм. Конечно, в первую очередь речь идет о компаниях из Чехии и Словакии, однако заключено большое количество подрядных договоров и с компаниями из Российской Федерации, Великобритании, Венгрии, Болгарии, Германии и других стран.

С проектом связана необходимость внедрения многочисленных новых программных инструментов в области проектирования, управления и координации. В наше время само собой разумеющимися являются проектирование и пространственная координация в среде 3D, используется новое вычислительное программное обеспечение, применяются новые базы данных и инструменты для управления документацией, обеспечивающие связь с планом-графиком проекта.

Для компании «ŠKODA JS» проект достройки АЭС «Моховце», блоки № 3, 4 важен, главным образом, с точки зрения обновления производственного, инженерного и менеджерского потенциала, принимая во внимание будущие проекты подобного типа. Речь идет о достройке АЭС «Темелин», а также дальнейших планах на строительство в Словакии и Венгрии.

Сервис атомных электростанций

Сервис атомных электростанций – третий сегмент предпринимательской деятельности фирмы, вносящий существенный вклад в получаемую компанией выручку и расширяющий спектр услуг по техническому обслуживанию не только АЭС «Дукованы» и АЭС «Темелин» (6 блоков), но и АЭС в Словакии, Украине, Венгрии и Армении.

В Чешской Республике компания «ŠKODA JS» занимает позицию генерального подрядчика по техническому обслуживанию ядерного острова АЭС. Эти работы компания выполняет на основании рамочного договора по оказанию услуг технического обслуживания логического комплекса «Реакторное здание», который был подписан с эксплуатантом чешских АЭС, акционерным обществом «ČEZ, a. s.». Речь идет о долгосрочном регулярно предоставляемом контракте.

Более двух третей объема технического обслуживания осуществляет непосредственно персонал «ŠKODA JS», оставшаяся часть реализуется посредством цепочки субподрядчиков. Роль «ŠKODA JS» во время остановов блока не ограничивается только выполнением сервисных работ, но включает в себя и оптимизацию их продолжительности.

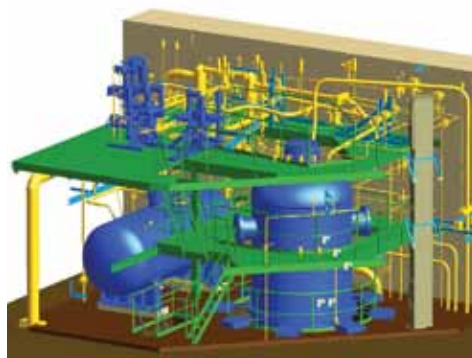


Рис. 7. 3D-модель «Система компенсации давления первого контура ВВЭР-440»



Рис. 8. Установка корпуса реактора ВВЭР-440/В-213 на АЭС «Моховце»/3-й блок

К операциям, обеспечиваемым сервисными отделами компании «ŠKODA JS», относится выполнение комплексных приемочных испытаний и периодических испытаний шаговых электроприводов для ВВЭР-1000, а также приводов главных регулирующих кассет ВВЭР-440.



Рис. 9. Эксплуатация гайковерта шпилек главного разъема реактора ВВЭР-1000 на АЭС «Темелин»

Кроме того, в компании налажено производство различных типов графитовых прокладок.

Существенную часть портфолио предлагаемых услуг составляют неразрушающие испытания главного оборудования первого контура (реактор, парогенераторы, главные циркуляционные трубопроводы и т. д.). В настоящее время в компании «ŠKODA JS» производится новый манипулятор для контроля внутренней поверхности корпуса реактора. Начало его применения планируется на 2014 г., существенным преимуществом нового манипулятора является значительное сокращение времени контроля, от которого в большой степени зависит и продолжительность критического пути при останове блока. Конструкция манипулятора позволяет эксплуатацию как на ВВЭР-440, так и на ВВЭР-1000.

К крупным актуальным проектам, решаемым в рамках задач технического развития, относится проект «Разработка новой технологии ремонтной сварки эксплуатируемых корпусов реакторов ВВЭР-1000». Проект является продолжением разрабатывавшихся в прошлом проектов, касавшихся ремонтной сварки корпусов реакторов типа ВВЭР. Главное преимущество разрабатываемой технологии заключается в сокращении времени ремонта корпуса реактора (предварительного нагрева и термической обработки после ремонта) по сравнению с первоначально запланированной технологией.

В 2012 г. сервисная группа первой в Центральной Европе выполнила ремонт неоднородного сварного шва Ду 1100 мм на коллекторе парогенератора АЭС «Дукованы» (блок ВВЭР-440), данный ремонт является уникальным с технологической и организационной точек зрения.

Референтные показатели

2012 г. стал тринадцатым по счету успешным годом для компании «ŠKODA JS a. s.» в непрерывной череде лет, начиная с 2000 г. Выручка компании по методике МСФО, показанная в консолидированной финансовой отчетности компании, составила 4,98 млрд чешских крон (198,2 млн евро), причем 56% составляет выручка от экспорта. Объем новых принятых заказов приближается к 1,8 млрд чешских крон (71 млн евро). В 2012 г. компания «ŠKODA JS a. s.» получила консолидиро-

ванную прибыль перед налогообложением по МСФО в размере 310 млн чешских крон (12,3 млн евро) и чистую прибыль в размере 247 млн чешских крон (9,8 млн евро). Указанные результаты означали выполнение всех показателей плана, поставленного акционером компании.

В связи с крупными инвестиционными проектами численность персонала компании в последние четыре года увеличивалась приблизительно на 100 человек в год и стабилизировалась на значении 1200 человек в год.

Одной из основных составляющих стратегии компании «ŠKODA JS» является непрерывное развитие и усовершенствование сертифицированной интегрированной системы менеджмента (IMS), а также сертифицированной системы обеспечения качества в соответствии с ASME раздел III. Система IMS интегрирует требования стандартов ČSN ISO 9001:2008 (QMS), ČSN ISO 14001:2004 (EMS) и ČSN OHSAS 18001:2007 (SM BOZP). Система IMS создана в расчете на то, чтобы охватить обширную шкалу всех видов деятельности компании.

Принципиальное значение имеют клиентские квалификации, которые подтверждают качество поставок компании. Компания «ŠKODA JS» включена в список избранных поставщиков крупных заказчиков, что является одним из ключевых условий сотрудничества. Компания является квалифицированным поставщиком для компаний «ČEZ, a. s.» (Чехия), «Slovenské elektrárne» (Словакия), НАЭК «Энергоатом» (Украина), EdF (Франция), АЭС Пакш (Венгрия, OKG – Oskarshamn NPP (Швеция), Westinghouse Electric (США), AREVA (Франция), GNS (Германия) и целого ряда других заказчиков.

Применительно к зарубежным поставкам в компании используются отечественные и зарубежные производственные правила и стандарты, предназначенные для конструирования, производства и обеспечения качества при производстве атомных реакторов: ПНАЭ Г (Россия), КТА (Германия), RCC-M (Франция), YVEL (Финляндия), ABOS (Венгрия) и BNS (Словакия). В настоящее время компания сертифицирована согласно EN ISO 3834-2 (сварка), DIN 18800-7 (большое удостоверение сварщика), AD 2000-Merkblatt HP 0 (сосуды под давлением), CEFRI (дозиметрический контроль на французских атомных электростанциях), кроме того, компания владеет еще 10 важными сертификатами.

В компании «ŠKODA JS» в рамках системы IMS успешно работают три лаборатории, аккредитованные согласно требованиям стандарта ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 – Испытательная лаборатория дефектоскопии, Испытательная лаборатория эксплуатационных осмотров и лаборатория материалов, которые включены в общую систему ИСМ. Неотъемлемой составной частью обеспечения качества поставок компании является оценка качества поставщиков на основании текущей оценки каждой поставки материала, а также оценка поставщиков посредством аудитов качества.

Тендер на сооружение двух блоков на площадке АЭС «Темелин»

Чешская электрогенерирующая компания «ČEZ, a. s.» (далее по тексту ČEZ) 03.08.2009 г. объявила тендер на заказ под названием «Достройка атомной электростанции «Темелин». Предметом этого государственного заказа является проектное решение, составление документации, инжиниринг, производство оборудования, поставка, монтаж на стройплощадке, испытания и ввод в эксплуатацию двух комплектных блоков АЭС «Темелин» в форме ЕРС поставки – «под ключ», включая топливо.

Условием участия в тендере была успешная квалификация каждого претендента.

Срок подачи документации для квалификации претендентов для участия в тендере был установлен на 30 октября 2009 г. В документации были указаны следующие сроки: заключение контракта на заказ до конца 2011 г., ввод блока 3 в эксплуатацию 07/2019 и блока 4 до 12/2020. В ходе тендера заказчик постепенно переносил вышеуказанные сроки.

Квалификационные требования затрагивали широкий спектр вопросов: основные требования, предъявляемые к квалификации потенциальных участников; язык заявления; ограничение одновременного участия претендентов в нескольких предложениях; минимальные технические требования, предъявляемые к проекту; право интеллектуальной собственности на предлагаемый проект; требование по наличию контрактных отношений с субпоставщиками; требования к документам, подаваемым в рамках заявления на квалификацию, и прочие организационные и формальные требования.

С учетом вышеуказанных квалификационных требований была начата интенсивная работа над подготовкой подробной квалифика-

ционной документации, в том числе документации главных потенциальных субподрядчиков из Чешской Республики, Российской Федерации и других стран. В требуемые сроки квалификационная документация была передана компании ČEZ и в начале 2011 г. консорциум был квалифицирован.

Основание консорциума MIR.1200

Практически сразу же после уведомления о начале тендера на заказ на достройку АЭС «Темелин» компания «ŠKODA JS» начала интенсивные переговоры с российской стороной о форме будущего сотрудничества. Эти переговоры шли параллельно с подготовкой квалификационной документации, что предьявляло высокие требования к координации конкретных работ и переговоров.

Переговоры велись, в частности, с компаниями ЗАО «Атомстройэкспорт» и ОАО ОКБ «Гидропресс» и в течение октября в соответствии с положениями чешского гражданского кодекса был подготовлен Договор об объединении (Договор консорциума), в котором были определены правила сотрудничества, а компания «ŠKODA JS» назначена лидером консорциума. Договор консорциума был подписан в Москве в здании компании ЗАО «Атомстройэкспорт» 14 октября 2009 г.

Вторым членом консорциума является ЗАО «Атомстройэкспорт» (АСЭ) – ведущая российская инжиниринговая компания, подконтрольная Госкорпорации «Росатом», реализующая межправительственные и коммерческие соглашения о сооружении объектов атомной энергетики в масштабах всего мира.

Третьим членом консорциума является ОАО ОКБ «Гидропресс» (ОКБ ГП), главный проектировщик и владелец ноу-хау ядерного острова предлагаемого решения.

На основании договоренности между отдельными членами объединения (консорциум) начало пользоваться названием «Консорциум MIR.1200».

На основании успешной квалификации Заказчик в марте 2010 г. передал квалифицированным претендентам «Специальную документацию», в составе которой было подробное техническое и коммерческое задание. Документация содержала и требования, предъявляемые к составлению целого ряда технических документов (Pre-Bid Data), которые в течение трех месяцев были составлены на необходимом уровне качества и переданы Заказчику. В июне 2010 г. прошли первые технические и коммерческие переговоры с Заказчиком, в которых приняли участие более 100 чешских и российских специалистов, являющихся сотрудниками компаний, входящих в консорциум, а также других крупных организаций.

В августе 2010 Заказчик сообщил о продлении переговоров по документации «Pre-Bid» до конца 2011 г. Одновременно Заказчик с каждым участником в отдельности начал составление подробной уточняющей документации (Supplements). В апреле 2011 г. прошла вторая консультационная встреча и составление Supplements было завершено в августе того же года. В октябре 2011 г. Заказчик передал конкретным претендентам чистовую документацию тендера и консорциум совместно со своими партнерами и поставщиками начал работу по составлению предложения.

Составление предложения Консорциума продолжалось с октября 2011 до июня 2012 г. Для управления работами Консорциум сформировал общую проектную команду,



Рис. 10. Клейма ASME, секция III



Рис. 11. Совместная фотография группы по подготовке предложения на территории «ŠKODA JS a. s.»

которая имела внутреннее разделение на руководящую группу (центральная группа) и на ряд специализированных групп. В конкретные группы по мере необходимости входили и работники других организаций, в частности, предполагаемого генерального проектировщика, ОАО «СПБАЭП», которые непосредственно руководили работой ряда других специалистов из чешских и российских исследовательских и консультационных организаций. В ходе подготовки предложения члены коллектива сотрудничали не только с финансовыми и юридическими консультантами, но и с большинством предполагаемых будущих поставщиков из Чехии, России и других стран.

Ход выполнения работ контролировал руководящий комитет проекта, который также утверждал конкретные результаты и разрешал проблемы, выходящие за рамки компетенции проектной группы. Членами этого комитета были уставные представители организаций-членов консорциума.

На окончательной стадии, т. е. в течение двух последних месяцев, работы по завершению и комплектации предложения велись практически непрерывно, причем в составе общей группы работало примерно 100 человек. В течение первого месяца вся группа работала совместно в Москве и Санкт-Петербурге, а на последний месяц группа в полном составе переместилась в Пльзень, где прошла окончательная проверка и комплектация предложения.

Предложение по достройке 3-го и 4-го блоков АЭС «Темелин» было передано Заказчику тендера, компании ČEZ, своевременно, т. е. 02.07.2012 г.

Общий вес предложения составил 880 кг (1 оригинал + 1 копия), электронная версия имела объем 9 Гб.

Общий объем документации составил почти 80 тысяч страниц.

На комплектацию и распечатку документов предложения ушло почти 4000 часов. На составление предложения было затрачено около 1500000 человеко-часов.

С 02.07.2013 г. идет этап обсуждения и оценки предложений. По графику данный этап должен был быть завершен в сентябре 2013 г., когда планировалось объявление победителя

тендера, но Заказчик (ČEZ, a. s.) официально объявил о переносе срока как минимум на один год.

С каждым из участников тендера был проведен один заочный тур и один очный тур обсуждения предложений, в результате чего предложения участников были модифицированы. После проведения второго тура претенденты будут составлять новую версию своего финального предложения до конца 2013 г.

Учреждение организации для управления проектом

Консорциум MIR.1200 с целью реализации проекта создал организацию, которая использует опыт членов консорциума, приобретенный в ходе их предыдущей деятельности в области управления строительством и сооружения АЭС типа ВВЭР. Консорциум принял во внимание оптимальные процессы, которые применялись

на практике в ходе реализации подобных технологических блоков в Чешской Республике, с учетом современных инструментов управления, например, таких как глобальная система IMS, в качестве одного из основных инструментов управления проектом.

Создавая систему управления, консорциум MIR.1200 проанализировал потребности эффективного управления проектом и необходимость решения ключевых задач, таких как финансовые потоки, налоговые вопросы, бухгалтерская система, оптимизация использования кадровых ресурсов и т. д. На основании вышеуказанного консорциум учредил на территории Чешской Республики организацию специального назначения, акционерное общество «Nuclear Power Alliance a.s.» (далее по тексту NPA) с единственной целью – реализовать проект. Эта компания имеет статус организации специального назначения (Special Purpose Vehicle) и учреждена для решения следующих задач:

- оптимизировать процесс реализации проекта;
- повысить эффективность, упростить и повысить качество всех процессов, которые были внедрены для управления проектом АЭС;
- упростить интерфейс с Заказчиком;
- упростить финансовые потоки через подрядчика;
- упростить налоговые и бухгалтерские транзакции, касающиеся подрядчика;
- обеспечить интеграцию наиболее доступных кадровых ресурсов для создания простой и достаточно эффективно работающей организации;
- обеспечить концентрацию и однозначное определение ответственности и полномочий по принятию решений для целей эффективного управления проектом.

Компания была учреждена в соответствии с законодательством Чешской Республики и получила все разрешения, сертификаты и полномочия, необходимые в соответствии с законодательством Чешской Республики для реализации всех видов деятельности в объеме ее ответственности.

Компания официально существует с 11.06.2013 г., когда была зарегистрирована в Торговом реестре ЧР.



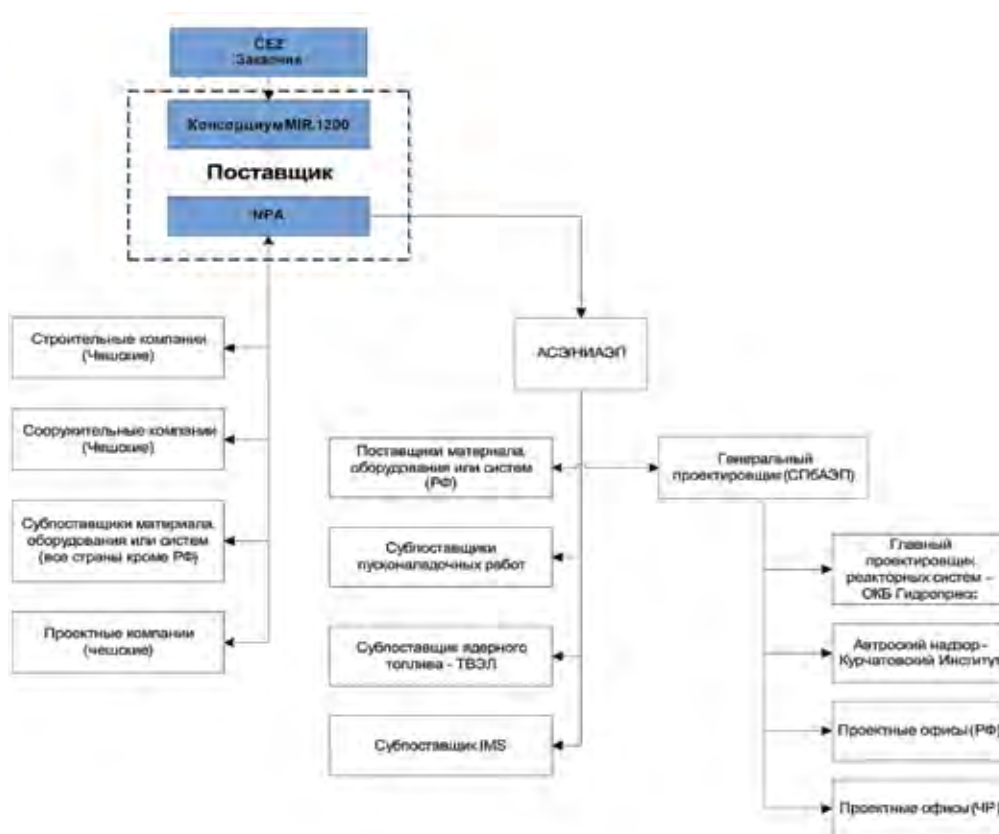
Рис. 12. Подписание протокола передачи перед зданием управления компании «ČEZ, a. s.»

Организация подрядной цепочки проекта

Основная организационная модель проекта и главные организации, участвующие в проекте:

Главные организации, участвующие в проекте	Сокращения
ЗАО «Атомстройэкспорт»	АСЭ
Атомтехэнерго	АТЭ
HOCHTIEF CZ a.s.	Hochtief
I&C Energo a.s.	ICE
ОАО Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект»	НИАЭП
ОАО ОКБ «Гидропресс»	ОКБ ГП
PSG International a.s.	PSG
ОАО Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»	СПбАЭП
ŠKODA JS a.s.	SJS
ŠKODA PRAHA Invest s.r.o.	SPI

Основная схема поставщиков



Метод интеграции Nuclear Power Alliance (NPA) в общую модель организации Проекта

Консорциум предлагает для организации проекта реализацию одной из двух следующих структур:

- структуру (одного) субподрядчика «под ключ» или
- структуру EPCM (где NPA выступает роли агента).

Консорциум предполагает, что обе предлагаемые структуры управления проектом будут обсуждены в ходе актуального этапа тендера с СЭЗ, после чего будет выбрана наиболее подходящая структура.

В обеих предполагаемых структурах NPA несет полную ответственность за организацию и реализацию проекта, являясь субъектом с полным и неограниченным правом вести переговоры от имени консорциума непосредственно с СЭЗ. Тем не менее, окончательную ответственность за проект и все связанные с ним риски несут члены консорциума.

Полномочие полноценно представлять консорциум будет основано на мандатном договоре между консорциумом и NPA. В обеих предлагаемых структурах NPA представляет собой единое контактное место для СЭЗ.

В структуре (единого) субподрядчика «под ключ» консорциум назначит NPA единственным субподрядчиком консорциума, который поставит ему целый проект «под ключ». NPA заключит от своего имени, за свой счет и под собственную ответственность контракты с компаниями, входящими в подрядную цепочку (такие контракты указаны на соответствующей диаграмме как контракты субподряда).

В структуре EPCM (NPA в роли агента) контракты с компаниями, входящими в подрядную цепочку, будут заключать конкретные члены консорциума, и NPA будет действовать в качестве представителя членов консорциума непосредственно по отношению к членам подрядной цепочки. Определение состава подрядной цепочки и переговоры с члена-

ми подрядной цепочки будет вести NPA от имени консорциума (членов), NPA также от имени консорциума (членов) заключит соответствующие контракты субподряда и будет управлять ими.

Заключение

Никто в Чехии не сомневается в том, что в планируемой достройке 3-го и 4-го блока АЭС «Темелин» должны принимать участие прежде всего чешские компании, которые способны спроектировать и изготовить даже самые сложные компоненты, включая комплект оборудования реактора. Предприятия с большой инжиниринговой традицией, такие как «ŠKODA JS», способны спроектировать, установить и ввести в эксплуатацию сложные системы ядерной и неядерной части АЭС.

Чешские фирмы во главе с компанией «ŠKODA JS a. s.» смогли сохранить необходимое ноу-хау, опыт и потенциал поставщиков, в том числе и во времена недавнего спада в отрасли. Благодаря победе в тендерах на реализацию крупных отечественных проектов, чешские поставщики участвуют в проекте модернизации АЭС «Дукованы», принимают участие в достройке АЭС «Моховце» в Словакии, поставляют оборудование на атомные электростанции с реакторами ВВЭР в Украине, Китае, Индии и России. Потенциал чешских фирм в области атомной энергетики вызывает уважение.

В связи с тендером по достройке АЭС «Темелин» часто обсуждается вопрос дальнейшего применения сил отечественных компаний на зарубежных рынках. Представители чешской промышленности сходятся во мнении о том, что самые широкие возможности чешским компаниям на глобальном атомном рынке предлагает российская государственная корпорация «Росатом», в состав которой входят российские члены консорциума MIR.1200. Сегодня «Росатом» – это крупнейший покупатель чешского оборудования и услуг для атомной промышленности. Объемы этих сделок исчисляются миллиардами крон. Положительный опыт прошлого и настоящего подтверждает, что это сотрудничество выгодно для обеих сторон.

Компания ŠKODA JS a.s. стояла у истоков чешской и словацкой атомной энергетики, является ведущей инжиниринговой и производственной компанией, обладает опытом строительства и сервиса атомных электростанций по всему миру. Общество «Шкода» было основано в 1859 году. 1956 годом датируется начало работы компании в атомной энергетике. За время своего существования фирма поставляла инжиниринговые услуги, оборудование и сервис для АЭС, исследовательских реакторов и складов отработанного ядерного топлива в Центральной и Восточной Европе, Скандинавии, Франции, Германии, США и на Дальнем Востоке. Начиная с 2004 года акционером предприятия является российская машиностроительная группа ОМЗ.

Объединенные машиностроительные заводы (ОМЗ) – одна из ведущих компаний тяжелого машиностроения, специализирующаяся на инжиниринге, производстве, продажах и сервисном обслуживании оборудования для атомной энергетики, нефтехимической и нефтегазовой, горной промышленности, а также на производстве спецсталей и предоставлении промышленных услуг. Производственные площадки ОМЗ находятся в России и Чехии. Группу контролирует ОАО «Газпромбанк».



Теплообменное оборудование
Электрооборудование
Equipment
Electric equipment

ОАО «Уралхиммаш»: новое теплообменное оборудование для энергетиков



ОАО «УРАЛХИММАШ»

**620010, г. Екатеринбург,
пер. Хибиногорский, 33
Тел.: (343) 310-06-92, 310-05-28
Факс: (343) 258-50-92, 258-60-45
E-mail: general@ekb.ru
www.uralhim mash.ru, www.ekb.ru**

ОАО «Уралхиммаш» – одно из крупнейших машиностроительных предприятий в России.

Завод изначально строился как промышленный гигант. Он оснащен мощной производственной базой, уникальным технологическим оборудованием, персонал обладает высокой квалификацией. Эти три основных составляющие позволяют предприятию десятилетиями удерживать лидерство в области производства сложного крупногабаритного, высокотехнологичного оборудования.

Технологические возможности ОАО «Уралхиммаш» позволяют в короткий срок и с высоким качеством изготавливать самое разнообразное оборудование. Завод на протяжении десятилетий выпускает оборудование для атомной и традиционной энергетики. В последние годы на предприятии значительно возрос объем выпуска теплообменных аппаратов для этих отраслей.

Изготовление теплообменного оборудования любого материального исполнения, рассчитанного практически на любое давление и температуру, всегда было одним из основных направлений производственной деятельности завода «Уралхиммаш». При этом предприятие не просто тиражирует стандартные конструкции, а занимается созданием технических устройств, отвечающих самым высоким критериям эффективности, надежности и долговечности, способным обеспечивать максимальную глубину технологического процесса и сохраняющим высокую интенсивность теплообмена на протяжении всего срока службы.

Многолетний успешный производственный опыт, отработанные и проверенные методы интенсификации теплообмена дают нам все основания утверждать, что потенциал традиционных кожухотрубчатых теплообменников с самыми обыкновенными гладкими трубами далеко не исчерпан, и на его основе можно успешно и эффективно решать любые теплотехнические задачи. Поэтому завод отказался от слепого копирования стандартных конструкций и выпускает теперь только оригинальное теплообменное оборудование под собственной торговой маркой «SMARTFLOW™».

Тесная работа с проектными организациями тепловой генерации наглядно подтверждает, что традиционные конструкции теплообменников, составляющих основу вспомогательного энергетического оборудования, не соответствуют современным требованиям по обеспечению необходимой глубины и эффективности теплообмена, интенсивности использования тепла низкопотенциальных источников энергии. Создание современных надежных и эффективных энергетических производств требует применения в своем составе самого высокопроизводительного оборудования, отличающегося новизной технических решений и абсолютно



точным соответствием поставленной теплотехнической задаче.

Располагая собственным специализированным инженеринговым подразделением, ОАО «Уралхиммаш» предлагает своим заказчикам индивидуально спроектированное теплообменное оборудование, ориентированное на эффективное решение любой конкретной теплотехнической задачи. Основными достоинствами предлагаемых нами теплообменников SMARTFLOW™, являются:

- индивидуальный подход к решению каждой конкретной теплотехнической задачи, позволяющий обеспечить максимально полное и глубокое ее решение в рамках предлагаемой конструкции;
- формирование оптимальных гидродинамических потоков теплоносителей, обеспечивающих высокие коэффициенты теплоотдачи и эффект самоочищения теплообменной поверхности;
- конструктивные особенности аппаратов, исключающие или значительно сокращающие застойные зоны и байпасные (паразитические) перетоки и обеспечивающие полную конденсацию паров и глубокое охлаждение конденсата;
- высокая интенсивность теплообмена, позволяющая реализовать технологический процесс на значительно меньших теплообменных поверхностях или значительно увеличить нагрузку на соразмерных;
- высокое качество изготовления обеспечивает высокую надежность и долговечность оборудования, сохранение им неизменных эксплуатационных характеристик на протяжении всего срока службы, увеличение межремонтного пробега и снижение эксплуатационных затрат.

Не менее важным элементом обеспечения нашей собственной энергетической безопасности представляется использование на объектах энергетики отечественного оборудования, производимого на российских предприятиях из российских материалов. Качество отечественного трубного проката соответствует лучшим мировым образцам и по химическому составу, и по точности изготовления, и по качеству поверхности. Изготовление теплообменного оборудования производится на самом современном оборудовании с применением самых современных и высокопроизводительных технологий, обеспечивающих надлежащее качество и надежность самых напряженных элементов конструкции.

Кроме того, следует иметь в виду высочайшую универсальность кожухотрубчатых теплообмен-

ных аппаратов. За счет оптимизации гидродинамических режимов в кожухотрубчатых теплообменниках формируется эффект самоочищения теплообменной поверхности столь же ярко выраженный, как и в пластинчатых аппаратах. Однако при этом чувствительность кожухотрубчатых теплообменников к образованию отложений в разы ниже, чем у пластинчатых. Причем, скорость падения исходного коэффициента теплопередачи для пластинчатых аппаратов почти в два раза выше, чем для кожухотрубчатых.

Отличительной чертой кожухотрубчатых теплообменников SMARTFLOW™ является рациональный механизм формирования запаса теплообменной поверхности, который создается за счет увеличения длины теплообменной трубы при сохранении неизменным расхода рабочей среды через нее. То есть, неизменным остается сам гидродинамический режим потока, создающий, в частности, условия для возникновения эффекта самоочищения теплообменной поверхности. Техническое обслуживание и ремонт кожухотрубчатых аппаратов доступны любому обслуживающему персоналу и не требуют приобретения дорогостоящих материалов и комплектующих.

Оптимизация гидродинамических режимов и особенности конструкции теплообменников SMARTFLOW™ делают их незаменимыми при работе с любыми проблемными средами, обеспечивают энергетическую эффективность и надежность того производственного процесса, в котором они задействованы.

Реализуемые в предлагаемом нами теплообменном оборудовании отработанные и проверенные на практике приемы и методы интенсификации теплообмена обеспечивают высочайшую интенсивность технологического процесса, позволяют успешно работать с низкопотенциальными источниками тепловой энергии. А в конечном итоге – создают предпосылки для наиболее рационального решения проблем энергоэффективности отечественной промышленности и энергетики.

Соответствие теплообменников SMARTFLOW™ поставленной теплотехнической задаче на 80% обеспечивается полнотой и достоверностью исходных данных. Поэтому заказчик – разработчик технического задания – изначально является для нас соавтором будущей конструкции. Она создается совместно с ним и для него! Поставьте перед нами свою теплотехническую задачу, и вы обязательно получите самое рациональное ее решение!

ТЕХНАБ ХОЛДИНГ



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ХОЛДИНГА

Холдинг ТЕХНАБ осуществляет свою деятельность с 1993 года.

В течение двадцати лет успешно сотрудничает с Государственной корпорацией «Росатом» и ОАО «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях».

Холдинг ТЕХНАБ успешно участвует в конкурсах и аукционах по обеспечению оборудованием как действующих, так и строящихся АЭС.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- инжиниринговые услуги
- поставка оборудования, комплектующих и запасных частей на объекты использования атомной энергии

Поставки осуществляются на объекты России, Украины, Армении, Венгрии, Ирана, Индии.

ТЕХНАБ - ПОСТАВКИ НА ОБЪЕКТЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

РОССИЯ, АЭС

- Балаковская АЭС
- Белоярская АЭС
- Билибинская АЭС
- Калининская АЭС
- Кольская АЭС
- Курская АЭС
- Ленинградская АЭС
- Нововоронежская АЭС
- Нововоронежская АЭС-2
- Ростовская АЭС
- Смоленская АЭС

АРМЕНИЯ

- Армянская АЭС

ВЕНГРИЯ

- Пакш, АЭС

ИНДИЯ

- Куданкулам, АЭС

ИРАН

- Бушер, АЭС

РОССИЯ, атомная промышленность

- Концерн РОСЭНЕРГОАТОМ, страховой запас
- Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
- АтомЭнергоПроект (Санкт-Петербург)
- НИАЭП
- ФГУП ПО «Маяк»
- Атомстройэкспорт
- Уральский электротехнический комбинат
- Росатомстрой, УК Концерн
- ФГУП Горно-химический комбинат
- Электрогорский НИЦ по безопасности атомных станций
- Научно-исследовательский институт атомных реакторов
- ОКБМ Африкантов

УКРАИНА

- НАЭК «Энергоатом»
- Ровенская АЭС
- Чернобыльская АЭС
- Хмельницкая АЭС
- Южно-Украинская АЭС

ПОСЛЕДНИЕ РАБОТЫ ХОЛДИНГА

- поставка систем внутриреакторного контроля на четыре энергоблока Балаковской АЭС и на два энергоблока Калининской АЭС
- модернизация систем управления турбинами на трех блоках Балаковской АЭС
- модернизация устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) на двух энергоблоках Курской АЭС
- защита блока генератор-трансформатор 4 энергоблока Белоярской АЭС
- поставка устройств РЗА главной схемы ОРУ-220, ОРУ-500 для энергоблока 4 Белоярской АЭС
- защита блока генератор-трансформатор 1 и 2 энергоблоков Ленинградской АЭС-2
- защита РЗА блока генератор-трансформатор 1 энергоблока Балаковской АЭС
- модернизация релейной защиты 2 энергоблока Смоленской АЭС
- выполнение проектных работ на Балаковской АЭС:
 - модернизация устройства РЗА АТ-220/500 «В» и 2РТСН-1.2
 - модернизация устройства РЗА блока генератор-трансформатор 4 энергоблока
 - замена панелей устройства РЗА блока генератор-трансформатор микропроцессорными устройствами энергоблока 2
- щиты собственных нужд постоянного тока Балаковской АЭС



20 ЛЕТ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Адрес: 249034, Россия, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Белкинская, д. 43-а
Телефоны: (48439) 34-433, (48439) 44-019, (48439) 47-759, (48439) 97-922
www.kbtehnab.ru e-mail: info@tehnab.ru

ПРИГЛАШАЕМ НА V МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «АТОМЕКС 2013»

02 декабря - 04 декабря 2013 года
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Стенд холдинга ТЕХНАБ - А-334



- Конструирование
- Производство
- Поставка
- Сервисное обслуживание



ЗАО «Тулаэлектропривод»
55 лет на рынке трубопроводной арматуры.
Ведущее предприятие России по производству электроприводов
для атомной энергетики.



301114, Россия, Тульская область,
Ленинский р-н, пос. Плеханово,
ул. Заводская, д. 1, корп. А
Телефоны: +7 (4876) 79-67-09, 79-66-18.
Факс: +7 (4876) 79-67-17, 79-64-18
E-mail: privod@tula.net
www.tulaprivod.ru





ООО НПП «ЭКРА»

**428003, Чувашская Республика,
г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 3
Тел./факс: (8352) 220-110
E-mail: ekra@ekra.ru
www.ekra.ru**

НПП «ЭКРА», специализирующееся на разработке и поставках интеллектуальных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) на новейшей микропроцессорной элементной базе, тесно сотрудничает с ведущими российскими энергокомпаниями, среди которых ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Российские сети», ОАО «РусГидро».

В 2006 году Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ предприятие было аккредитовано на право конструирования и изготовления оборудования для объектов атомной энергетики по 4 и 3 классам безопасности.

В 2009 и 2010 годах на базе предприятия проводились выездные совещания специалистов по РЗА ОАО «Концерн Росэнергоатом», поскольку выпускаемые предприятием более 15 лет микропроцессорные устройства РЗА имеют положительный опыт эксплуатации на более чем 250 различных электростанциях и 1200 подстанциях всех классов напряжений.

Первая поставка продукции, предлагаемой НПП «ЭКРА» для атомной энергетики, была осуществлена в 2005 году: на ОРУ-220 кВ Ростовской АЭС были отправлены микропроцессорные шкафы РЗА подстанционного оборудования серии ШЭ2607.

Проект Ростовской АЭС, расположенной в районе города Волгодонск на берегу Цим-



Шкаф ШЭ1111А

лянского водохранилища, был разработан Нижегородской инженеринговой компанией «Атомэнергопроект» (ОАО «НИАЭП»). Энергоблок № 1 Ростовской АЭС установленной мощности 1000 МВт был введен в эксплуатацию в 2001 году. В 2007 году были продолжены работы по строительству энергоблока № 2, где генеральным подрядчиком строительства также было определено ОАО «НИАЭП».

В 2008 году совместными усилиями проектировщиков НИАЭП и специалистов НПП «ЭКРА» был выполнен большой объем работ по вводу в эксплуатацию релейных защит энергоблока № 2 Ростовской АЭС, а также по расширению и реконструкции ОРУ-220 Ростовской АЭС. Тогда НПП «ЭКРА» было поставлено 15 шкафов РЗА станционного обо-

рудования серии ШЭ1111, 20 шкафов РЗА подстанционного оборудования серии ШЭ2607 и 28 микропроцессорных терминалов.

В 2009 году ОАО «Концерн Росэнергоатом» получило лицензию Ростехнадзора на строительство блоков № 3 и № 4. В настоящее время полным ходом идут работы по вводу в эксплуатацию энергоблока № 3 Ростовской АЭС, для которого НПП «ЭКРА» изготовило и поставило еще 14 шкафов серии ШЭ1111 и 8 шкафов серии ШЭ2607, 32 терминала РЗА и 13 шкафов НКУ.

В Концерне Росэнергоатом Ростовская стройплощадка считается передовой по темпам строительства: блок № 3 уже выходит на этап пусконаладочных работ, и следующий на очереди – энергоблок № 4. Поставки шкафов РЗА НПП «ЭКРА» на Ростовскую АЭС будут продолжаться.

На сегодняшний день уже более 400 шкафов на базе микропроцессорных устройств РЗА и низковольтных комплектных устройств производства НПП «ЭКРА» установлены на восьми из десяти действующих атомных станций нашей страны: Балаковской, Кольской, Нововоронежской, Смоленской, Ростовской, Курской, Белоярской, Калининской АЭС. С 2012 года осуществляются поставки шкафов РЗА и на строящуюся Белоярскую АЭС-2.

При построении схем релейной защиты в шкафах РЗА серии ШЭ1111АИ, разработанных специально для атомных станций, реализован принцип «два из четырёх». Он заключается в том, что два независимых шкафа имеют по два микропроцессорных терминала в каждом. Терминалы в шкафу работают по схеме «И», шкафы работают по схеме «ИЛИ», что снижает вероятность неправильной работы защит и повышает надежность отключения поврежденного оборудования. Блок генератор-трансформатор оснащен комплектом резервных защит и газовыми защитами.

Спектр продукции НПП «ЭКРА», выпускаемой для объектов атомной энергетики, постоянно расширяется.

EKRA LLC – RESEARCH AND PRODUCTION COMPANY

**3, prospekt Yakovleva, Cheboksary,
Chuvash Republic, 428003, Russia
Phone/Fax: (8352) 220-110
E-mail: ekra@ekra.ru
www.ekra.ru**

EKRA Research and Production Company specializes in development and supply of intelligent relay protection and automation equipment (RPA) that uses state-of-the-art microprocessor components. The company has established close cooperation with the top energy producers of Russia, including Rosenergoatom Concern, Rossiyskie Seti (Russian Networks JSC), RusGidro JSC.

In 2006 the company was accredited by the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision and was granted the right to design and produce equipment for nuclear facilities of the 4th and 3rd security classes.

In 2009 and 2010 the company hosted meetings of specialists devoted to relay protection and automation equipment production. This honor was granted to the plant after 15 years of producing microprocessor RPA systems that had proved to be efficient at over 250 power

plants and 1,200 switching stations of all voltage classes.

The first delivery of products to the nuclear industry was effected by EKRA in 2005: the company supplied microprocessor RPA cabinets of ШЭ2607 series for the 220 KV outdoor switchgear (OSG) of Rostovskaya NPP.

The project of Rostovskaya NPP located near Volgodonsk, on the bank of Tsimlyansk reservoir, has been developed by Nizhny Novgorod Atomenergoproekt Engineering Company (NIAEP JSC). The 1st power unit with design capacity of 1,000 MW was commissioned in 2001. In 2007 construction of the 2nd power unit was continued, with NIAEP JSC as the General Contractor.

In 2008 specialists of NIAEP and EKRA joined their efforts in the installation of RPA at the 2nd power unit and in the upgrade of OSG-220 of Rostovskaya NPP. EKRA delivered 15 RPA cabinets of ШЭ2607 series and 28 microprocessor terminals.

Rosenergoatom Concern was licensed by the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision to build power-generating units No 3 and 4 in 2009. Works are underway to commission the 3rd power unit of Rostovskaya NPP that has been supplied with 14 cabinets of ШЭ1111 series, 8 cabinets of ШЭ2607 series, 32 RPA terminals and 13 low-voltage package module cabinets.

Rosenergoatom Concern believes that Rostovskaya NPP project is progressing well as far as the speed of construction is concerned: start-up and commissioning of the 3rd power unit will begin soon, and the 4th power unit will be the next to be built. It means that EKRA will continue to supply Rostovskaya NPP with its RPA cabinets.

To date over 400 microprocessor RPA cabinets and low-voltage devices produced by EKRA are installed at eight of ten operating nuclear power plants in Russia, specifically: at Balakovskaya, Kolskaya, Novovoronezhskaya, Smolenskaya, Rostovskaya, Kurskaya, Beloyarskaya, Kalininskaya NPPs. Since 2012 the company has been supplying RPA cabinets to the 2nd unit of Beloyarskaya NPP that is under construction.

Relaying scheme in RPA cabinets of ШЭ1111АИ series designed for nuclear power plants uses the principle «two of four»: two independent cabinets have two microprocessor each. The terminals operate in accordance with «AND» scheme while the cabinets operate in accordance with «OR» scheme. It reduces misoperation of the relay protection and ensures reliable disconnection of damaged equipment. Generator-transformer unit is equipped with a set of backup protection and Merz-price protection.

EKRA LLC expands the range of products for nuclear facilities.

- ✓ Электроприводы для управления арматурой любого типа



аума®

Solutions for a world in motion

- ✓ Интеллектуальные блоки управления и редукторы
- ✓ Расширенный срок службы
- ✓ Надежность, подтвержденная референциями



ООО «ПРИВОДЫ АУМА»

Центральный офис в Москве: (495) 221 6428

Офис в Санкт-Петербурге: (812) 380 9886

Офис в Сургуте: (3462) 236 234

Офис в Перми: (342) 212 32 97

Офис в Ростове-на-Дону: (863) 298 63 02

Офис в Красноярске: (391) 291 1260

Офис в Хабаровске: (4212) 477 525

E-mail: aumarussia@auma.ru

30-летний опыт поставок в атомную энергетику



На правах рекламы



Системы управления и контроля
Защита и обслуживание АЭС
Control systems
NPP safety&servise



ЗАО «НП-Атом»

123098, Москва, ул. Рогова, 5-А

Тел.: 8 (499)346-39-93

Сайт: www.npatom.com

E-mail: info@npatom.com

Авторы: генеральный директор
ЗАО «НП-Атом», д.т.н. А.Н. Поддубный,
руководитель проекта, к.х.н.
Н.А. Шелестова

Закрытое акционерное общество «Нанопокрытия-Атом» создано 2 ноября 2011 года как дочерняя структура ГК «Росатом», для организации сети производственных центров с целью предоставления услуг в части нанесения наноструктурированных функциональных покрытий. На сегодняшний день ЗАО «НП-Атом» успешно сотрудничает с ОАО «Ковровский механический завод» и ОАО «Сибирский химический комбинат», на базе которых создаются региональные центры по нанесению многофункциональных покрытий. Сотрудничество ОАО «КМЗ» с ЗАО «НП-Атом» позволило решить вопрос нанесения покрытия на одну из ведущих деталей газовой центрифуги. В дальнейшем ЗАО «НП-Атом» предлагает расширить номенклатуру покрываемых деталей центрифуги, а также наносить покрытия на металлорежущий инструмент, изготавливаемый на ОАО «КМЗ» и других предприятиях компании ОАО «ТВЭЛ» и региона с использованием методов напыления в вакууме. На базе ОАО «СХК» планируется решать проблемы производства транспортных упаковочных контейнеров для отработанного ядерного топлива с применением новых функциональных покрытий с использованием технологий газотермического и холодного газодинамического напыления.

Применение технологий нанесения защитных покрытий является одним из кардинальных путей улучшения эксплуатационных характеристик деталей и узлов, увеличения межсервисных интервалов их использования, позволяет существенно снизить расходы на инструмент и технологическую оснастку, позволяет отказаться от гальванических покрытий в пользу экологически чистых и более производительных методов нанесения покрытий.



Газотермическое напыление

Методы нанесения многофункциональных покрытий характеризуются широтой технологических возможностей:

- защитные покрытия можно наносить на объекты любых размеров и различного вида материалов;

- толщина покрытия может составлять от 0,01 до 10 и более мм, покрытия могут иметь заданную пористость (от 0 до 30 и более процентов);

- защитные покрытия могут быть изготовлены из любых материалов, имеющих как точку плавления, так и интервал размягчения;

- в качестве подложки можно использовать дерево, стекло, пластмассы, керамику, композиционные материалы, металлы;

- нанесение защитных покрытий может производиться в широком диапазоне состава покрытия, температуры и давления – в низком вакууме в специальной камере с контролируемой инертной атмосферой, в воздухе при нормальных условиях, под водой;

- нанесение металлических и керамических покрытий не вызывает нагрева напыляемой поверхности, обеспечивает сохранение структуры и геометрических размеров деталей.

Функциональность покрытий, применяемых ЗАО «НП-Атом», самая разнообразная: антикоррозионные, износостойкие, антифрикционные, антиадгезионные, жаропрочные и жаростойкие, термобарьерные, диэлектрические, электропроводные, уплотнительные, восстановление напылением и наплавкой.

Наличие ответственного партнера в лице ЗАО «НП-Атом» и открытая схема взаимодействия между предприятиями позволит сформировать инновационную среду и оперативно решать задачи по внедрению новых типов функциональных покрытий.

NANOPOKRYTIYA-ATOM CLOSED JOINT-STOCK COMPANY

5-A, Rogova st., Moscow, 123098, Russia

Phone: 8 (499)346-39-93

www.npatom.com

E-mail: info@npatom.com

General Director – A. Poddubny,

Doc. Sc. (Engineering)

Project Manager – N. Shelestova,

Cand. Sc. (Chemistry)

Nanopokrytiya-Atom CJSC was founded in November 2011 as a Rosatom's subsidiary to set up a network of production centers engaged in making nanostructured coatings. NP-Atom CJSC has established cooperation with Kovrov Mechanical Plant JSC and Siberian Chemical Works JSC that serve as the base for regional centers engaged in multifunctional coatings. The cooperation of Kovrov Mechanical Plant with NP-Atom resulted in solving a problem of coating on one of the key components of the gas centrifuge. Plans have been made to expand the range of the centrifuge coated components and to make coating on metal cutting tools produced by KMP and other plants of TVEL JSC and the region using vacuum deposition technique. In cooperation with Siberian Chemical Works it is planned to produce transport containers for spent nuclear fuel with the use of thermal spray coating technique.

Protective coating is a means to improve significantly performance of units and components, to increase their service life, to cut expenses for tools and equipment, and to replace electrolytic coating technique by ecologically clean and productive coating technology.

Multifunctional coating technique has many engineering capabilities:

- protective coatings can be made on objects of any dimensions and material;

- the coating thickness can be of 0.01 to 10 mm and over, the coating can have the desired sponginess (from 0 to over 30 percent);

- protective coatings can be made of any material with both melting point and softening range;

- wood, glass, plastics, ceramics, composite materials and metals can be used as support materials;

- coating can be made in a wide range of composition, temperature and pressure conditions: in a low vacuum chamber with controlled inert atmosphere, in standard air conditions, and underwater;

- metal and ceramic coating does not result in significant heating of the surface and does not affect the geometric dimensions of components.

NP-Atom CJSC makes coatings of various purposes: anticorrosion, wear-resistant, antifriction, antiadhesion, heat-resistant and high-temperature, thermal barrier, dielectric, conducting, jointing coatings, spray reclamation and retailoring.

P-Atom CJSC as a responsible partner and transparent interaction scheme will help build innovation environment favorable for prompt introduction of new types of coatings.



Напыление в вакууме



ОАО «НИИФИ»

Володарского ул., д. 8/10, г. Пенза, Россия, 440026
Тел.: (8412) 565-563, <http://www.niifi.ru>

Институт разрабатывает, производит и поставляет более 40 типов приборов для систем аварийной защиты реакторных установок и контроля технологических процессов на атомных станциях России, Украины, Индии, Болгарии, Ирана, Китая.

Наименование и назначение прибора. Услуги	Технические характеристики
 <p>СЕЙСМОДАТЧИК СД 4 предназначен для непрерывной регистрации сейсмических воздействий на реакторную установку АЭС и формирования сигнала превышения установленного уровня сейсмического воздействия для аппаратуры аварийной защиты. Шефмонтаж, стыковочные испытания, поверка по месту установки.</p>	<p>Диапазон ускорений, в пределах которого устанавливается порог выдачи аварийных сигналов, от 0,25 до 2 м/с². Класс безопасности 2У по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ ДП 6 предназначен для выдачи дискретных сигналов о положении быстродействующего запорно-отсечного клапана (БЗОК) и клапана запорного (КЗ) на установках АС.</p>	<p>Ход запорного органа от положения «закрыто» до положения «открыто» ПП БЗОК составляет 190 мм, ПП КЗ – 100 мм. Основная погрешность срабатывания не более ±3 мм. Мощность поглощенной дозы излучения для ПП 1,2 мкГр/ч. Класс безопасности 2 по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДАТЧИК УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПУИ 066 предназначен для преобразования угловых перемещений лопаток шибера регулирующего устройства системы пассивного отвода тепла на АЭС в электрический сигнал.</p>	<p>Диапазон измерений от минус 10 до 100 угловых градусов. Класс безопасности 2НУ по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ШТОКОВЫЙ ДАТЧИК ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПЛЦ 002 предназначен для измерения линейных перемещений объектов. Используется в составе механических систем в реакторных отделениях блоков АЭС.</p>	<p>Диапазон измерений от 0 до 100 мм. Класс безопасности 2У по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ ДП 2 предназначен для контроля объекта, перемещающегося относительно чувствительного элемента датчика, и выдачи дискретного (бинарного) электрического сигнала. Используется на перегрузочной машине реакторного отделения АЭС.</p>	<p>Зона срабатывания 5 мм. Класс безопасности 2Н по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДИСТАНЦИОННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ДУ 2 предназначен для системы контроля, регулирования и управления технологическими процессами АС с водо-водяными энергетическими реакторами корпусного типа. Состоит из преобразователей перемещения ПП 2 шт. и вторичного преобразователя ВП.</p>	<p>Диапазон срабатывания в пределах от 3 до 15 мм. Диапазон рабочих температур от 5 до 60°C для ВП, от 5 до 150°C для ПП. Класс безопасности 2У по ОПБ-88/97. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДИСТАНЦИОННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ДУ 3 предназначен для системы контроля, регулирования и управления технологическими процессами АС. Состоит из преобразователей перемещения ПП 1 шт. и вторичного преобразователя ВП.</p>	<p>Диапазон срабатывания в пределах от 3 до 43 мм. Диапазон рабочих температур от 5 до 60°C для ВП, от 5 до 150°C для ПП. Класс безопасности 2У по ОПБ-88/97. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>БЛОК КОНЦЕВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ БКВ-4 предназначен для контроля состояния запорных клапанов с ручным и дистанционным управлением и выдачи дискретных сигналов в системы автоматического регулирования и контроля АЭС.</p>	<p>Рабочий ход штока от 1,7 до 2,3 мм. Класс безопасности 2НО по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ КОНЕЧНЫЙ ПК 1 предназначен для контроля конечных положений подвижных механизмов оборудования АЭС. Используется на перегрузочной машине реакторного отделения.</p>	<p>Рабочий ход от 0,2 до 2 мм. Класс безопасности 2Н по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>ДАТЧИК-РЕЛЕ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ СУ-3 предназначен для контроля уровня жидкости в аппаратах и сосудах стационарных установок АЭС. Используется в турбинном отделении на резервной дизельной электростанции.</p>	<p>Дифференциал срабатывания не более 15±10 мм. Класс безопасности 2УН по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>
 <p>СИГНАЛИЗАТОР ТЕМПЕРАТУРЫ СТ 1 предназначен для контроля температуры и сигнализации об изменении ее выше или ниже заданного значения путем включения или выключения электрической цепи. Используется в системах воздухоподачи и системах смазки и охлаждения жидкостей дизельных установок АЭС при непрерывной круглосуточной эксплуатации.</p>	<p>Уставка срабатывания от 0 до 100 °С. Класс безопасности 2У по ПНАЭГ-01-011. Категория сейсмостойкости 1 по НП-031-01.</p>

**Более 50 лет
в промышленной
автоматизации**



MZO-1000-05A



MZO-250-05A



MZO-2500-05A



MZP-11A



MZM-05A1

**Разработка
Производство
Поставка**

**средств автоматизации
для управления трубопроводной
арматурой АЭС**

- Механизмы исполнительные электрические МЭО, МЭМ, МЭП для трубопроводной арматуры;
- Управляющие устройства ФЦ-0650А для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами;
- Нормирующие преобразователи для индуктивных (НП-И10А) и реостатных (НП-Р20А) датчиков электрических исполнительных механизмов;
- Механизмы сигнализации положения: МСП-А для сигнализации положения регулирующих органов технологического оборудования АЭС, МСП-4 для систем регулирования турбоблоков.



НП-И10А

НП-Р20А

ФЦ-0650А



MSP-330



MSP-A

428018, г. Чебоксары, ул. Афанасьева, 8
Генеральный директор –
Зеленев Александр Сергеевич
Приемная: (8352) 45-77-14
Технические специалисты: (8352) 45-11 -92
Отдел продаж: (8352) 45-89-50, 45-84-93,
45-69-98, 45-49-99

www.skbspa.ru

E-mail: admin@skbspa.ru, om@skbspa.ru

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

для эффективного распределения и потребления энергии



РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПОСТАВКА

- Комплектные распределительные устройства (КРУ) на номинальные напряжения 6, 10, 15, 20 кВ
- Трансформаторные подстанции КТПП и 2КТПА-НЭ на номинальное напряжение до 10 кВ и мощность 250-2500 кВА
- Электрооборудование в блочно-модульных зданиях
- Низковольтные щиты и шкафы управления и распределения
- Электротехническое оборудование в морском исполнении (низковольтное – до 1кВ и средневольтное – до 15кВ)
- Силовая преобразовательная техника
- Автоматизированные системы управления (АСУ ТП, САУ, КИПиА, АСКУЭ)



ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

- Корпуса серии КС, КН1, КН2, КНЛ1, КНЛ2, КНО
- Для общепромышленных объектов, атомных станций, морских объектов
- Степень защиты до IP65
- Широкий типоразмерный ряд
- Возможность производства нестандартных изделий по чертежам заказчика



ШЕФМОНТАЖНЫЕ И ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

195248, Санкт-Петербург, ул. Партизанская, д. 21
Тел.: (812) 610-02-40, 610-02-52 Факс: (812) 303-89-77
sales@newelectro.ru www.newelectro.ru

 **Новая ЭРА**



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

ОРГСТРОЙПРОЕКТ

ЗАО «ОРГСТРОЙПРОЕКТ»

**115516, Россия, г. Москва,
ул. Промышленная, д. 11, стр. 3
Тел.: (495) 663-91-42**

Институт располагает специализированным отделом обследования и испытания строительных конструкций, работающим в тесном сотрудничестве с испытательной лабораторией, проектно-конструкторским отделом и предприятиями, занимающимися инженерно-геологическими изысканиями.

Специалистами института выполнялись работы по обследованию строительных конструкций крупнейших энергетических объектов, в числе которых: Обнинская АЭС, Ленинградская АЭС, Игналинская АЭС (Литва, в период строительства), Балаковская АЭС, Чернобыльская АЭС (после аварии), Волгодонская АЭС (возобновление строительства), Кольская АЭС, Мангышлакский энергокомбинат (г. Шевченко), Калининская АЭС. Помимо этого, наряду с обследованием строительных конструкций самых разнообразных зданий и сооружений предприятий Минсредмаша-Минатома-Росатома выполнялись обследования зданий и сооружений реакторов научно-исследовательских инсти-

тутов: РНЦ «Курчатовский институт», МИФИ, ИТЭФ, НИТИ (г. Сосновый Бор), филиала НИКИЭТ (г. Заречный).

Работы выполняются по специальной программе комплексного обследования, разработанной ЗАО «ОРГСТРОЙПРОЕКТ» на основе «Требований к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии» (НП-024-2000); «Типовой инструкции по эксплуатации производственных зданий и сооружений атомных станций» (РД-ЭО-0007-93), «Методики оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности» (РД ЭО 0447-03) и нормативных документов Росстроя. Отдел обследования строительных конструкций располагает опытными специалистами, современным оборудованием, новейшими вычислительными и программными средствами, имеет тесные связи с учеными и специалистами ведущих проектных и научно-исследовательских институтов России.

ORGSTROYPROEKT CJSC

**Build 3, 11, Promyshlennaya st.,
Moscow, Russia, 115516
Phone: (495) 663-91-42**

The Institute incorporates a specialized building structures survey and testing division that closely cooperates with the testing laboratory, the design division and enterprises engaged in geological engineering survey. Specialists of the Institute have performed survey of building structures of the largest power facilities.

The works are performed within a special program of comprehensive survey developed by ORGSTROYPROEKT in conformity normative documents of Russian Agency for Civil and Industrial Engineering.

The building structures survey division is staffed with experienced specialists and equipped with modern machinery, state-of-the-art computing facilities and software, has close ties with scientists and specialists of the leading design and research institutes of Russia.

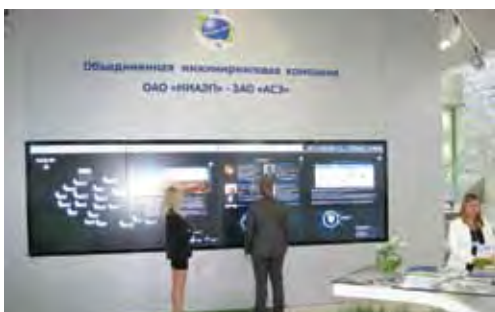


Нижегородская выставочная компания ООО «НДЦ Экспо» учреждена в 2008 году Некоммерческим партнерством «Нижегородский деловой центр атомного машиностроения» (НП «НДЦ АТОММАШ») в целях продвижения продукции предприятий энергетического машиностроения на Российский и зарубежный рынки. За период своей работы ООО «НДЦ Экспо» совместно с ведущими предприятиями атомной отрасли и крупнейшими выставочными центрами выступило соорганизатором ряда уникальных конгрессно-выставочных проектов, в том числе восьми международных научно-промышленных форумов «Ярмарка атомного машиностроения», трех международных научно-практических форумов «Интеллектуальное проектирование. Управление жизненным циклом сложных инженерных объектов», а также представила ведущие предприятия атомного энергетического машиностроения на специальных разделах крупных выставок в России и за рубежом. ООО «НДЦ Экспо» стало организатором коллективного стенда экспозиции российских и чешских компаний производственного объединения «Пражский Атомный Альянс» на форуме поставщиков для атомной промышленности «Атомекс-Европа» в Праге. Всего в конгрессно-выставочных мероприятиях «НДЦ Экспо» приняло участие свыше 1600 экспонентов, и по итогам их проведения заключено контрактов на сумму более 37 млрд рублей.

Основной задачей деятельности «НДЦ Экспо» является создание условий для активного взаимодействия участников выставочного и конгрессного процессов с целью обмена опытом и налаживания взаимовыгодных деловых связей.

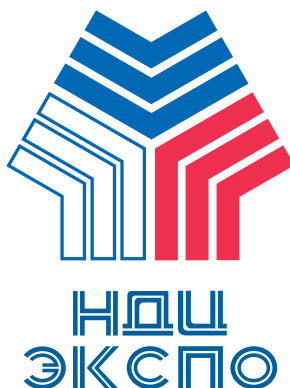
«НДЦ Экспо» – это команда профессионалов, всегда готовая предоставить комплексное решение задач по организации специализированного мероприятия для вашей компании:

- разработка концепции и сценария мероприятия
- выбор площадки, отвечающей статусу события
- разработка уникального стиля и символики мероприятия
- отбор и приглашение ведущих и модераторов
- привлечение к участию лидеров отрасли
- привлечение спонсоров
- рекламно-информационная поддержка мероприятия



НДЦ ЭКСПО Нижегородская Выставочная Компания

603163, Россия,
г. Нижний Новгород, ул. Казанское шоссе, д.12
Тел./факс: 8 (831) 438-28-50
info@nbc-expo.ru, www.nbc-expo.ru



NBC EXPO The Nizhny Novgorod Exhibition Company

Russia, 603163,
Nizhny Novgorod, Kazanskoe shosse, 12
Tel./fax: 8 (831) 438-28-50
info@nbc-expo.ru, www.nbc-expo.ru



The main purpose of the «NBC Expo» activities is creating conditions for the active interaction of the participants of congress and exhibition processes to exchange experiences and establish mutually profitable business contacts.

«NBC Expo» is a team of professionals, ready to produce a complex solution of arranging a special event for your company:

- creating the concept and scenario of the event
- selecting the site for the event, matching its status
- working out the unique style and symbols of the event
- opting and inviting hosts and moderators
- involving the leaders of the branch in participation
- attracting sponsors
- advertisement and PR of the event

The Nizhny Novgorod Exhibition Company «NBC Expo» was established in 2008 by the Non-Profit Partnership «Nizhny Novgorod Nuclear Engineering Business Center» (NP «NBC АТОММАШ») to promote products of power machine-building companies on Russian and foreign markets. For the period it started on the market the «NBC Expo» LLC in collaboration with the leaders of the nuclear industry and major exhibition centers implemented several unique congress and exhibition projects, including eight International Scientific & industrial Forums «Nuclear Machine-building Fair», three International Research and Practice Forums «Smart Engineering Design. Complex Product Life Cycle Management», and successfully presented leading nuclear power machine-building enterprises in specialized sections of prominent exhibitions in Russia and abroad. The «NBC Expo» LLC arranged joint exposition of the Czech and Russian companies of the Prague Nuclear Alliance production association on the Nuclear industry suppliers forum «Atomex-Europe» in Prague. More than 1600 exhibitors took part in the arranged by the «NBC Expo» events, which resulted in signing contracts for the total amount of 37 billion rubles.

Предприятие	Город	Стр.
ŠKODA	Чешская Республика	70
ГидроПромСтрой, ООО	Москва	2-я обложка
Нанопокрyтия-Атом, ЗАО	Москва	84
НИИФИ, ОАО	Пенза	85
Новая ЭРА, ОАО	Санкт-Петербург	87
ОРГСТРОЙПРОЕКТ, ЗАО	Москва	87
Приводы АУМА, ООО	Москва	82
Промэнергопроект, ООО	Нижний Новгород	68
СКБ СПА	Чебоксары	86
Технаб КБ, ООО	Обнинск, Калужская обл.	79
Тулаэлектропривод, ЗАО	Тульская обл.	80
Уралхиммаш, ОАО	Екатеринбург	78
Уралэнергострой УК, ООО	Екатеринбург	66
ЭКРА НПП, ООО	Чебоксары	81
ЭКСПО НДЦ	Нижний Новгород	88

Undertaking	City	Page
EKRA, LLC	Cheboksary	81
EXPO NBC	Nizhny Novgorod	88
Nanopokrytiya-Atom, CJSC	Moscow	84
ORGSTROYPROEKT, CJSC	Moscow	87
Promenergoproekt, LLC	Nizhny Novgorod	69

Уважаемые читатели – руководители и специалисты предприятий атомной отрасли!

Журнал «Атомный проект» – это надежное связующее звено между специалистами крупнейшей в стране инженеринговой компании НИАЭП-АСЭ, на которую возложена вся ответственность за комплектацию, строительство, пусконаладочные работы и сдачу «под ключ» одновременно более чем 20 объектов атомной энергетики в нашей стране и за рубежом, и производителями и поставщиками оборудования для АЭС. Мы рады, что наше издание успешно выполняет эту функцию: журнал «Атомный проект» стал настольной книгой для проектировщиков Нижегородской инженеринговой компании «Атомэнергопроект», его получают инженеринговые компании Москвы и Санкт-Петербурга.

Практика показала, что не меньшее значение имеет и другая функция журнала – информировать предприятия отрасли о новых разработках друг друга, быть для них инструментом поиска потенциальных заказчиков и деловых партнеров. С этой целью мы рассылаем значительную часть тиража (до 1000 экз. каждого выпуска) на все значимые отечественные предприятия атомной промышленности, а также участникам важнейших отраслевых форумов, семинаров и конференций, которые проходят в нашей стране и за рубежом.

Следующий выпуск журнала выйдет в свет 14 апреля 2014 г. и будет представлен на следующих крупнейших конгрессно-выставочных отраслевых мероприятиях:

- Московский международный энергетический форум «ТЭК России в XXI веке» (21-23 апреля, Москва, Россия)
- Форум-выставка «Госзаказ-2014» (23-25 апреля, Москва, Россия)
- VI специализированная выставка приборов и средств контроля, испытаний и измерений «Экспо-Контроль» (23-25 апреля, Москва, Россия)
- X специализированная выставка-форум «Евро-Азиатский машиностроительный форум» (20-22 мая, Екатеринбург, Россия)

Если вы хотите уверенно чувствовать себя на рынке поставщиков атомной отрасли – разместите информацию о своей продукции и услугах на страницах журнала «Атомный проект».

Мы соединяем лучших с лучшими!

Dear readers—managers and specialists of the nuclear industry enterprises!

«Atomic Project» journal was established as a link between specialists of engineering companies, who are responsible for supply, construction, start and adjustment and «turnkey» commissioning of nuclear facilities, and manufacturers and suppliers of equipment for nuclear power plants. We are happy that the journal is successful in this undertaking: it has become a «real book» for the designers of Atomenergoproekt Nizhny Novgorod Engineering Company, it is received by engineering companies of Moscow and Saint Petersburg.

Life has shown that another function of the journal – to inform enterprises of the industry about new developments of each other, to be a useful tool in searching for prospective partners and customers – is of no less importance.

The next issue of the journal will come out on April, 14, 2014 and will be presented at the largest congresses and exhibitions:

- XI Moscow International Energy Forum «Russian Fuel & Energy Complex in the XXI Century» (21-23 of April, Moscow, Russia)
- Forum-Exhibition «GOSZAKAZ-2013» (23-25 of April, Moscow, Russia)
- International exhibition of equipment and technologies for control, tests and measurements «Expo Control 2014» (23-25 of April, Moscow, Russia)
- IX Euro-Asian machine building forum (20-22 of May, Ekaterinburg, Russia)

We welcome you to advertise your products and services for the nuclear industry in the «Atomic Project». We connect the best with the best!

ВЫСТАВКА

11-14 ФЕВРАЛЯ САМАРА • 2014



20-я юбилейная
Международная специализированная выставка

ЭНЕРГЕТИКА

- **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ**
- **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И АППАРАТЫ**
- **УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ**
- **СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ, ГАЗООБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ**
- **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

ВК «ЭКСПО-ВОЛГА»
443110 г. Самара, ул. Мичурина, 23а
тел./факс: +7(846) 207-11-50
www.energysamara.ru



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ПРАВИТЕЛЬСТВО
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ПОД ПАТРОНАЖЕМ:



ТПП Pe

ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
МЕДИА - ПАРТНЕР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ - ПАРТНЕР:



ЭКСПО-ВОЛГА
организатор выставок с 1986 г.

ул. Мичурина, 23А
тел.: (846) 207-11-50

www.expo-volga.ru

Международная выставка
отопления, водоснабжения,
сантехники, кондиционирования,
вентиляции и оборудования
для бассейнов

26–28 марта 2014



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
КАЗАНЬ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
«КАЗАНСКАЯ ЯРМАРКА»



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА HVAC&POOL
ИНДУСТРИИ
В ТАТАРСТАНЕ!

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

**ОТОПЛЕНИЕ
И ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

**ВЕНТИЛЯЦИЯ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА**

**БАСЕЙНЫ
И ОБОРУДОВАНИЕ**

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

www.heatvent-expo.com

**Ваши уникальные перспективы
развития бизнеса в Татарстане!**



Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC

Тел.: +7 (812) 380 6014, факс: +7 (812) 380 6001
e-mail: heatvent@primexpo.ru