

**Multi-D**  
*engineering*

РОССИЯ

RUSSIA

Atomic Project

# Атомный проект



# ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ ШПУНТОВЫЕ РАБОТЫ



**ГидроПромСтрой**

**ГИДРОПЕН**

МАТЕРИАЛ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



■ Обследование, проектирование и выполнение работ по гидроизоляции и восстановлению бетонных каменных поверхностей, антибактериальной санации и биологической защите строительных конструкций на базе экологически чистых материалов и технологий системы «ГИДРОПЕН» нового поколения, разработанных специалистами нашей организации в сотрудничестве с ведущими научными центрами.

■ Погружение, извлечение шпунтовых свай различных марок (Ларсен, Арселор, трубошпунт) методом вибрационного погружения собственными вибропогружателями Allpicks (Голландия), PTC (Франция), JUNTAN (Финляндия) различной мощности.

■ ООО «ГидроПромСтрой» является членом саморегулируемой организации некоммерческого партнерства «СОЮЗАТОМСТРОЙ» и имеет свидетельство о допуске к видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.

119134, г. Москва, ул. Б. Якиманка, д. 24, офис 405.

Тел.: +7(499) 238-63-96, тел./факс: +7(499) 238-66-57, [www.gps-atom.ru](http://www.gps-atom.ru), e-mail: [info@gps-atom.ru](mailto:info@gps-atom.ru), [gps-atom@mail.ru](mailto:gps-atom@mail.ru).

# Атомный проект

ВЫПУСК ПЯТНАДЦАТЫЙ

Подготовлен для участия в отраслевых выставках:

- III Международный научно-практический форум «Управление жизненным циклом сложных инженерных объектов. Инструменты поддержки эксплуатации» (13-14 июня, Москва, Россия)
- Международный промышленный форум «АтомЭкспо-2013» (26-28 июня, Санкт-Петербург, Россия)
- Международный форум информационных технологий в атомной отрасли -NITF (8-9 августа, Шанхай, Китайская Народная Республика)
- XIII Петербургский международный форум ТЭК-2013 (10-13 сентября, Санкт-Петербург, Россия)
- XI Международная энергетическая выставка «ТЭК Украины: настоящее и будущее» (24-26 сентября, Киев, Украина)

# Atomic Project

ISSUE FIFTEENTH

**АТОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Информационно-аналитический журнал для специалистов в области атомного машиностроения

№ 15, июнь 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»

**Перевод**

В. В. Сдобников

**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**

10.06.2013 г.

**Типография**

ООО «РПК «Акваграфика»  
Н. Новгород, ул. Краснозвездная,  
д. 7а

В свободной продаже отсутствует

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

**ФОРУМ/FORUM**

Лучшая реакция рынка – полный портфель заказов. **Г. Юрьева** **4**  
*Being loaded up means the market reacts positively. G. Yurieva* **5**

Формирование и развитие системы управления знаниями в инжиниринговой компании. **Н.Я. Леонтьев, Д.В. Седельников** **6**  
*Formation and development of a knowledge management system in engineering company. N.Y. Leontiev, D.V. Sedelnikov* **10**

Суперкомпьютерные технологии и имитационное моделирование в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». **В.П. Соловьев** **15**  
*Supercomputer technology and simulation technique at RFNC-VNIIEF. V.P. Solovyov* **20**

Система радиочастотной идентификации персонала. **И.Д. Уваров** **23**

**ПРАКТИКА/PRACTICE**

Алгоритм определения качества стали в резервуарах, отработавших нормативный срок, с применением современного диагностического оборудования. **А.А. Лапшин, А.И. Колесов, В.М. Шилин, И.А. Ямбаев** **26**

**ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ/ADVISORY PANEL**

После Фукусимы: ядерная энергия в изменившемся мире. **Т. Флэрти, К. Данн, М. Бэджел, О. Уорд** **30**  
*After Fukushima: nuclear power in a new world.*  
**T. Flaherty, C. Dann, M. Bagale, O. Ward** **35**

**ПЕРСПЕКТИВА/PROSPECT**

Концепция регионального развития атомной энергетики с учетом экспорта электроэнергии (на примере Сахалинской области).

**Г. Тепкян, В. Харитонов, И. Зайцев, В. Колычев, О. Коровяков, Ю. Удянский** **40**

*Conception of regional nuclear-power industry development in view of power export (by the example of the Sakhalin region).*

**G. Terkyan, V. Kharitonov, I. Zaytsev, V. Koluchev, O. Korovyakov, Y. Udyansk** **44**

**ЮБИЛЕЙ/JUBILEE**

ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» – 80 лет **48**

Титановые сплавы ВСМПО-АВИСМА для атомной промышленности **50**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ / EQUIPMENT. ELECTRIC EQUIPMENT** **53****СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ. ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ / CONTROL SYSTEMS. SOFTWARE SOLUTIONS** **61****ЗАЩИТА И ОБСЛУЖИВАНИЕ АЭС / NPP SAFETY & SERVICE** **73****АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ / INDEX** **83****ОТ РЕДАКЦИИ / FROM THE EDITORS** **84****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 РФЯЦ-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 РФЯЦ-ВНИИЭФ

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

**Гирин Я. Н.** – начальник рекламно-выставочного управления СДС РФЯЦ-ВНИИЭФ

# Лучшая реакция рынка – полный портфель заказов

Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект» (с марта 2012 года – объединенная компания ОАО «НИАЭП» – ЗАО «Атомстройэкспорт») известна не только тем, что имеет в своем активе более 20 сооружаемых или проектируемых одновременно энергоблоков в России и за рубежом. Одной из визитных карточек компании стал ежегодный научно-практический форум по инновационному проектированию, который собирает на своих площадках специалистов из десятков стран, причем, представляющих не только атомную энергетику, но и другие ключевые отрасли промышленности. Аналогов этому мероприятию на отечественных выставочных площадках попросту не существует.

13-14 июня в Москве пройдет уже третий Международный научно-практический форум Multi-D «Управление жизненным циклом сложных инженерных объектов». Инструменты поддержки эксплуатации». О том, что отличает данный форум от предыдущих, мы попросили рассказать старшего вице-президента, директора по проектированию объединенной компании НИАЭП-АСЭ, заслуженного энергетика Российской Федерации Ю.А. Иванова:

– Наш форум – это логическое продолжение двух предыдущих форумов, прошедших в 2011 и 2012 годах в Нижнем Новгороде, и развитие темы управления жизненным циклом сложных инженерных объектов – от проекта будущей АЭС до ее вывода из эксплуатации. В 2011 году речь шла о создании единого информационного пространства для проектирования, в 2012 году – о создании единого информационного пространства для сооружения, главная тема 2013 года – создание единого информационного пространства для эксплуатации сложных инженерных объектов. Специалисты обсудят современные тен-



Ю.А. Иванов

денции в управлении эксплуатацией сложных инженерных объектов – а это не только атомные станции, но и, например, системы нефте- и газоснабжения, высотные здания, крупные промышленные объекты. Будет обсуждаться инструментарий инжиниринга для эффективной эксплуатации таких объектов, а также решения по передаче инженерных данных между стадиями проектирования, сооружения и эксплуатации.

Практика показывает, что тематика форума очень востребована – не случайно же свое участие в нем подтвердили компании из более чем 20 стран, среди которых не только Белоруссия, Украина и Казахстан, но и Франция, Чехия, Германия, Индия, Китай, Япония, США, Великобритания и даже ЮАР.

В дискуссиях на форуме примут участие представители эксплуатирующих организаций, инжиниринговых компаний, поставщики IT-



Так начинался первый международный форум по инновационному проектированию

решений в области PLM и эксплуатации. Достаточно назвать такие зарубежные компании как Цзянсуская ядерная энергетическая корпорация КНР (JNPC), ALSTOM, AREVA, SKODA JS a.s., Toshiba Corporation, DASSAULT Systemes, Intergraph PP&M, Construction Corporation №1 (Вьетнам), Tecnicas Reunidas, Broad Group (Китай), EdF, FCG Finnish Consulting Group Ltd, IBS, Jiangsu Nuclear Power Corporation, Nuclear Power Corporation of India Ltd, Rolls Royce plc, чтобы показать, насколько высок статус предстоящего мероприятия.

**– Предыдущие форумы НИАЭП проводил в Нижнем Новгороде, приглашая и зарубежных, и российских участников и гостей в павильоны Нижегородской ярмарки. Почему решили изменить этой традиции?**

– Как известно, в марте 2012 года решением Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» ОАО «НИАЭП» стало управляющей организацией ЗАО АСЭ. Мы хотим представить своим гостям – участникам и посетителям форума – итоги работы объединенной компании за этот год, что, согласитесь, удобнее сделать на собственной площадке. Кроме того, мы ожидаем большое количество зарубежных гостей, представителей отраслевых структур – проведение форума в Москве доставляет им определенные удобства.

**– А как Вы сами оцениваете результаты работы объединенной компании за прошедший год? В чем, по-Вашему, они в первую очередь выражаются?**

– Безусловно, в объединении компетенций. Нижегородский Атомэнергопроект имеет наиболее развитые компетенции по рабочему проектированию и управлению сооружением АЭС, а также гарантированный пакет заказов внутри России.

У Атомстройэкспорта есть специалисты с колоссальным опытом и международным авторитетом, коллектив, готовый к сложнейшим инженерным задачам.

Получился синергетический эффект от слияния компетенций: мы создали компанию, у которой внешних заказов сегодня больше, чем у кого-либо в мире – 20 блоков.

НИАЭП получил компетенции по строительству объектов за границей. Это очень важно: в каждую страну надо идти подготовленным.

И эффект от совместной работы уже налицо. Например, очень успешным зарубежным проектом НИАЭП-АСЭ можно назвать строительство Белорусской АЭС.

**– Извините, Юрий Алексеевич, как-то не воспринимается белорусская станция в качестве полноценно зарубежной...**

– Почему же? В Белоруссии свои, отличные от российских, законы, традиции, свои регулирующие органы, свое политическое устройство – все это нужно учитывать. Кстати, и расчет по договору осуществляется в международной валюте. Так что это именно полноценный зарубежный проект и, повторю, очень успешный. Работа по сооружению АЭС идет в соответствии с планом, а по некоторым позициям существенно его опережая. Все возникающие вопросы решаются в оперативном порядке. 31 января 2012 года был подписан контракт на изыскательские работы, разработку проектной



Рабочие моменты форума. 2011 г.

документации и первоочередной рабочей документации Белорусской АЭС. А уже сегодня (по состоянию на 15 мая 2013 г. – Ред.) общий объем выполненных работ по производственной базе составляет около 60 процентов. Практически готов к приемке арматуры корпус специальных металлических конструкций и арматуры с холодным складом. В июне будут сданы внеплощадочные сети и сооружения хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения.

– **Объединение компетенций крупных компаний можно назвать устойчивой тенденцией в структуре Росатома. В Санкт-Петербурге происходит объединение Головного института ВНИПИЭТ и Санкт-Петербургского Атомстройэкспорта, намечаются и другие серьезные слияния. А как на это реагирует рынок? Изменилось ли отношение к НИАЭПу со стороны партнеров после объединения?**

– Не берусь обсуждать объединение других компаний, но что касается нас, реакция рынка – это портфель заказов, который на сегодняшний день самый крупный в мире. Мы стремимся получить статус устойчивой глобальной инжиниринговой компании масштаба таких всемирно признанных гигантов как AMEC, Bechtel, Fluor, и считаем это вполне достижимой целью.

– **Юрий Алексеевич, вернемся к предстоящему форуму. Не каждая компания возьмет на себя смелость проведения столь масштабного международного мероприятия. Что, по-Вашему, прежде всего необходимо для проведения таких форумов?**

– Самое главное – хорошо представлять, что именно ты хочешь сказать участникам и гостям мероприятия, чем готов поделиться. В рамках нашего форума пройдет несколько семинаров: по проекту ВВЭР-ТОИ, по управлению стоимостью при сооружении объектов атомной энергетики, по внедрению Производственной системы Росатом, управлению сроками сооружения объектов атомной энергетики и другие. И по каждой теме у нас есть практические наработки, которыми мы и готовы поделиться. Кстати, некоторые темы для обсуждения появлялись в процессе подготовки к форуму. Наши будущие участники звонили и говорили, что хотели бы выступить с докладом или обсудить тему, которая первоначально не предполагалась для обсуждения. Если есть такая потребность, почему мы должны отказываться от предложения? Так появились отдельные круглые столы и семинары.

Кстати, накануне открытия форума, 12 июня, руководство НИАЭП-АСЭ предоставит уникальную возможность иностранным делегациям посетить стройплощадку третьего и четвертого энергоблоков Ростовской АЭС, где они смогут увидеть, как на практике действует единая информационная система на сооружаемых объектах.

– **Проведение первого форума, безусловно, носило исключительно некоммерческий характер. Но сейчас, когда компания проводит уже третий форум, наверняка обсуждаются вопросы экономической отдачи от его проведения?**

– Основная экономическая отдача – это те контракты, которые, мы уверены, будут заключены в ходе работы форума и по его окончании. Не буду называть конкретные цифры, скажу лишь, что наши ожидания вполне оптимистичны.

– **Желаю успеха! До встречи на форуме.**

**Галина ЮРЬЕВА**

## Being loaded up means the market reacts positively

**Nizhny Novgorod Atomenergoproekt Engineering Company (since 2012 – united NIAEP-Atomstroyexport company) is known to be engaged in construction and development of 20 power-generating units and in holding an annual forum of innovation designing. The forum is attended by specialists from dozens of countries who represent the nuclear sector and other key branches. The forum has no equivalents in the exhibition industry.**

The 3rd International Research and Industrial Forum «Multi-D. Sophisticated Facilities Life Cycle Management. Operations Support Tools» will be held in Moscow June 13-14, 2013. We asked **Yu. Ivanov**, Senior Vice-President – Director for Designing, NIAEP-ASE, Honored Power Engineer of the RF, what is the difference between the forthcoming forum and the previous ones.

– This forum is a logical continuation of the preceding forums organized in 2011 and 2012 in Nizhny Novgorod. It implies an advance in the discussion of sophisticated facilities life cycle management: from NPP design to its decommissioning. In 2011 the problem of creating a shared information space for facilities designing was discussed, in 2012 – the shared information space of NPP construction, while this time we shall discuss how to create a shared information space for operating sophisticated facilities.

Specialists will discuss the modern trends in the field of operating sophisticated facilities the list of which includes, besides NPP, oil and gas supply systems, high-rise buildings and large manufacturing facilities. The topic will also include engineering tools required for successful operation of such facilities and tools of transferring engineering data between design, construction and operation stages.

Experience in the forums has showed that the topics are vital, which is proved by the fact that companies from over 20 countries have confirmed their participation. The list of countries includes Belarus, Ukraine, Kazakhstan, France, Czech Republic, Germany, India, China, Japan, USA, Great Britain and South African Republic.

Representatives of operating entities, engineering companies, suppliers of IT decisions in the field of PLM and operation will participate. The high status of the event is manifested by the participation of such companies as Jiangsu Nuclear Power Corporation (JNPC), ALSTOM, AREVA, SKODA JS a.s., Toshiba Corporation, DASSAULT Systemes, Intergraph PP&M, Construction Corporation №1 (Вьетнам), Tecnicas Reunidas, Broad Group (Китай), EdF, FCG Finnish Consulting Group Ltd, IBS, Jiangsu Nuclear Power Corporation, Nuclear Power Corporation of India Ltd, Rolls Royce PLC. etc.

– **NIAEP has organized the previous forums in Nizhny Novgorod, with participation of foreign and Russian specialists and guests. Why did you change the tradition?**

– By the decision of Rosatom State Corporation, NIAEP JSC became the managing company of ASE CJSC in March 2012. We want to present the results of activities that were achieved by the united company during the last year, and it is more convenient to do at home, so to speak. Moreover, we expect a large number of foreign guests to visit the forum, and they feel more comfortable in Moscow.

– **What is your assessment of the united company's activities of the last year? What are the main results?**

– Undoubtedly, the main result is the unification of competences. Nizhny Novgorod Atomenergoproekt possesses developed competences in the field of NPP detailed design and construction and has a guaranteed order portfolio in Russia.

Atomstroyexport (ASE) can boast a team of specialists who possess vast experience and solid international standing and can solve complicated engineering tasks any time.

Thus, a synergetic effect was observed: we have founded a company with the largest number of orders from abroad, i.e. with 20 orders for constructing power-generating units.

NIAEP has acquired competences in the field of constructing NPP abroad. This is most essential since the company should be well prepared to get in a project abroad.

The joint efforts have already brought their results. E.g., construction of Belorusskaya NPP is a very successful NIAEP-ASE project launched abroad.

– **Sorry to say, but a NPP in Belorussia is hardly perceived as a foreign one...**

– And why not? In Belorussia there are laws, traditions, governing bodies and political system that are different from those in Russia, and this fact must be taken into consideration. By the way, settlements are made in foreign currency. Thus, it is a full-fledged foreign project, and a very successful one. Construction is conducted up to schedule, and sometimes ahead of schedule. All problems are solved promptly.

A contract on survey work and project and working documentation development was signed on January 31, 2012. By May 15, 2013, 60 percent of production works had been completed. The special metal structures building is ready to receive equipment. In June offsite facilities and drinking water and fire-fighting water supply systems will be commissioned.

– **Is competence unification a steady trend in Rosatom operation? In Saint-Petersburg BNIPIET lead institute and Atomenergoproekt are merging, and other significant mergers are effected. What is the reaction of the market? Has the partners' attitude to NIAEP changed after the unification?**

– I shall not dare discuss unification of other companies, but as far as our company is concerned, the market's positive reaction is manifested in the order portfolio that is the largest in the world. We strive to acquire the status of a steadily-operating global engineering company of the size of such giants as AMEC, Bechtel and Fluor. We are confident that the goal is attainable.

– **Let's come back to the upcoming forum. Few companies would venture to organize an international event of such scale. What is required to hold such a forum?**

– The most important thing is to understand what you want to tell the participants, what you can offer. Several workshops will be organized within the forum agenda devoted to VVER-TOI project, nuclear facility construction value-based management, Rosatom Production System implementation, construction duration management. We have experience in each of the fields, and we are ready to share it. Some topic appeared in the process of the forum organization. Our prospective participants phoned and told us that they would like to discuss a topic that was not in the agenda. When there is a need for this, we would never refuse to do so. Thus, unplanned round tables and workshops were added.

It should be noted that on the eve of the forum opening NIAEP-ASE will offer foreign delegations a chance to visit the construction site of the 3rd and 4th power-generating units of Rostovskaya NPP. They will see with their own eyes how the shared information system is operated at the facilities under construction.

– **The first forum was a non-profit project. But this time you must be thinking of some economic returns...**

– The main economic return materializes in the contracts that, as we hope, will be concluded during the forum and upon its termination. I shall not give any specific figures, but I can say that we are quite optimistic.

– **I wish you a lot of success at the forum.**

**Galina YURIEVA**

# Формирование и развитие системы управления знаниями в инжиниринговой компании

**Н.Я. ЛЕОНТЬЕВ**, начальник отдела стратегического развития и мониторинга рынков ОАО «НИАЭП»  
**Д.В. СЕДЕЛЬНИКОВ**, главный специалист отдела стратегического развития и мониторинга рынков ОАО «НИАЭП»

В условиях становления шестого технологического уклада и экономики, основанной на знаниях, в абсолютном большинстве крупных мировых компаний развиваются системы управления знаниями (СУЗ). В современных экспертных оценках наличие СУЗ является важнейшим признаком управленческой зрелости компании. Для инжиниринговых компаний управление знаниями ставится в один ряд с управлением сроками, качеством, стоимостью сооружения объектов. Формирование СУЗ создает условия развития и эффективного использования интеллектуального потенциала компаний для реализации проектов и совершенствования технологий, развития бизнеса и его диверсификации, повышения конкурентоспособности на рынках.

Теоретические основы систем управления знаниями базируются на трудах американского социолога и футуролога Э.Тоффлера. Согласно Тоффлеру, человечество переходит к новой технологической революции, то есть на смену первой волне (аграрное общество) и второй (индустриальное общество) приходит новая, ведущая к созданию информационного, или постиндустриального общества. Главной ценностью в этом обществе становится Знание — организованная особым образом информация, позволяющая получать новую информацию на основе существующей. В 60-х годах XX века в работах Д. Белла, П. Друкера, М. Маклюэна, Й. Масуды и др. прослеживается дальнейшее развитие теории «нового» общества — постиндустриального/информационного.

В 70-х годах зарождается концепция «Управление информацией» — особого типа управление предприятием на основе комплексного использования внутрифирменной и внешней информации. В 80-х годах формируются три подхода к концепции управления знаниями, условно названные как «американский» (К. Вииг), «скандинавский», или «европейский» (К.-Э. Свейби, Швеция), и «японский» (И. Нонака).

Многообразие теоретических школ и попытки разработки целостной концепции управления знаниями сопровождались и сопровождаются опытами практической реализации в наукоемких компаниях и бизнесе.

В 1999 году Lotus Development Corp. и IBM Corp. создали Институт управления знаниями (Institute for Knowledge Management — ИКМ) — коммерческий исследовательский консорциум, в состав руководящих сотрудников которого вошли ведущие специалисты в предметной области. Классическая схема



Рис. 1. Люди, Места и Вещи – три основные части Управления Знаниями (ИКМ)

ИКМ определяет Людей, Места и Вещи как три главных ингредиента в эффективной инфраструктуре управления знаниями.

**ЛЮДИ** — это работники, покупатели, партнеры, эксперты и другие персоны, от которых зависит обеспечение успеха в бизнесе. Технологии управления знаниями обеспечивают их условиями и инструментами для эффективного взаимодействия. Эти технологии также предлагают возможности идентификации людей в терминах: кто их знает, что они знают и насколько профессиональны они в данной задаче.

**МЕСТА** — это виртуальные рабочие пространства, в которых люди собираются для «мозгового штурма», обучения и общения. Технологии управления знаниями обеспечивают эти рабочие пространства и оборудуют их структурированным содержанием, средствами обучения и технологиями коммуникаций, так что пользователи могут соединяться асинхронно или в реальном времени.

**ВЕЩИ** включают в себя данные, информацию и процессы, которые создаются, использу-

ются, сохраняются и совместно используются (с разграничением доступа) во всей организации. Управление знаниями дает возможность пользователям иметь доступ к этим вещам и применять их для достижения целей в бизнесе.

В соответствии с этой концепцией люди, а не факты, являются фокусной точкой в управлении знаниями. Люди вносят понимание, опыт и знания в бизнес-процессы и нуждаются в местах, где они могли бы создавать и применять знания, и в вещах, которые помогли бы им достигнуть их целей в бизнесе.

Данная концепция 2000-х годов получила современное развитие в компании Dassault Systemes. Технологии Dassault Systemes по управлению знаниями подразумевают:

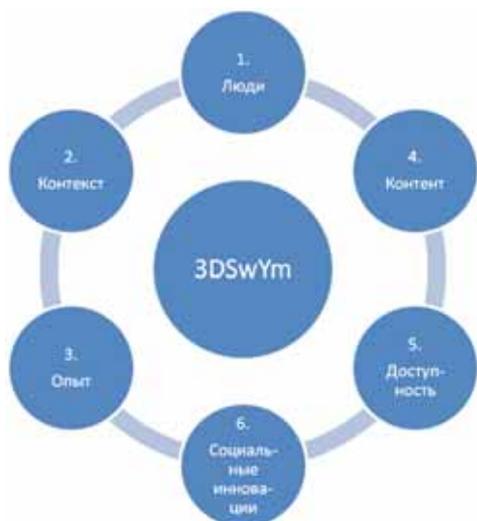
1. Создание условий, способствующих росту инновационной активности:
  - повышение профессионального уровня сотрудников;
  - создание условий для развития научно-технических компетенций;
  - формализация неявных знаний;
  - обеспечение современными инструментами работы с научно-технической информацией.
2. Формирование среды для активной генерации инноваций, раскрытия потенциала научно-технических кадров.
3. Обеспечение сбора, хранения и коллективного использования отраслевых научно-технических знаний через портал научно-технической информации.
4. Управление жизненным циклом знаний:
  - управление научно-техническими сообществами;
  - управление научно-техническим контентом.

На рис. 2 представлена схема жизненного цикла знаний в понимании Dassault Systemes.

В качестве технологической платформы для социальных инноваций Dassault Systemes предлагается 3DSwYm (See What You Mean), которая позволяет любой компании создать собственное онлайн пространство для обще-



Рис. 2. Жизненный цикл знаний по Dassault Systemes



**Рис. 3. 3DSwYm – технологическая платформа для социальных инноваций DassaultSystemes**

ния сотрудников, партнеров, поставщиков и потребителей (рис. 3). Коллаборативная платформа 2.0 3DSSwYm объединяет 9000 сотрудников Dassault Systemes, обеспечивая им возможности для обмена идеями и совместного поиска инноваций. Эта передовая интегрированная среда служит основой для создания веб-сообществ и веб-сервисов, в т. ч. социальных сетей, блогов, обмена контентом и 3D-моделями, разработки динамических профилей сотрудников и проч. За несколько месяцев существования 3DSwYm было создано более 400 сообществ, опирающихся на общность опыта, проектов, интересов и увлечений.

Анализ различных подходов к управлению знаниями показывает, что существует множество пониманий путей формирования и развития системы управления знаниями в организации:

- информатизация системы поддержки принятия решений;
- научная организация труда работников;
- краудсорсинг;
- инжиниринг и реинжиниринг производственных бизнес-процессов;
- традиционная научно-исследовательская, опытно-конструкторская и технологическая деятельность (НИОКТР);
- формирование «обучающейся организации»;
- оценка результатов интеллектуальной деятельности (РИД) организации, включение РИД в экономический оборот и др.

Наибольшие противоречия в оценке систем управления знаниями проявляются в их трактовке в качестве направления в менеджменте или IT-технологии (рис. 4).

Как показывает опыт таких компаний как Dassault Systemes, Microsoft, эти противоречия во многом надуманные. Автоматизация процессов, связанных с накоплением и распространением информации может быть надежным фундаментом для укрепления корпоративной культуры и накопления опыта.

Для автоматизации используются инструментальные средства класса КМ (Knowledge Management — «управление знаниями»). Подобные решения помогают структурировать и автоматизировать процесс извлечения повторяемой информации, обработать ее источники и предоставить к ней персонализированный доступ. Зачастую системы класса КМ строятся на базе порталных технологий. Комплексное решение называется порталом



**Рис. 4. Двойственность управления знаниями**

знаний предприятия (Enterprise Knowledge Portal, ЕКР).

Инфраструктура инноваций самой компании Microsoft базируется на тех же принципах (рис. 5).

Помимо решений от крупных разработчиков (IBM, Microsoft, Dassault Systemes), на рынке представлены иные, в том числе и российские, IT-продукты, предлагающие стандартные решения для формирования СУЗ – например, Molten и Текора.

Крупные компании в России с некоторым запозданием также начинают развивать корпоративные системы управления знаниями. Здесь можно отметить применение краудсорсинга в корпоративном управлении в ОАО «Сбербанк России», СУЗ iKnow в бизнес-направлении «Разведка и Добыча» ТНК-ВР, СУЗ Блока нефтепереработки и нефтехимии ОАО «Лукойл» и др.

В 2012 году была представлена концепция развития системы управления знаниями ГК «Росатом». Ее основное назначение – сопровождение полного жизненного цикла генерации и использование знаний от зарождения идеи до ее коммерциализации.

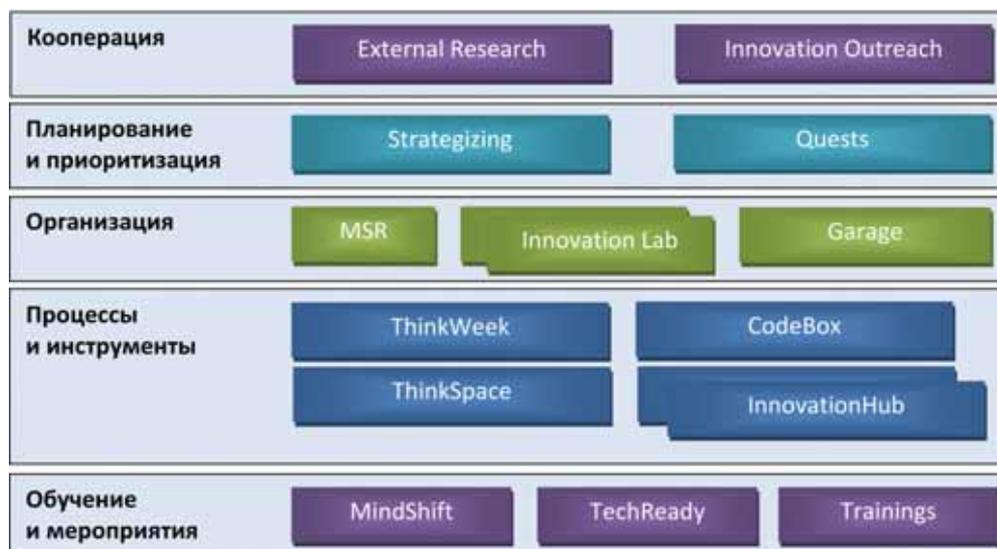
Целевая модель СУЗ ГК «Росатом» представлена в табл. 1.

Организации атомной отрасли также проявляют определенный интерес к данной тематике. Согласно сообщениям, прозвучавшим на

Международной конференции «Менеджмент знаний и инновации: уроки технологических лидеров» (Москва, 2012 г.), в той или иной форме системы управления знаниями развивают ОАО «ВНИИАЭС», ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ОАО «ТВЭЛ» и другие компании.

KPMG Consulting (США) в 1998 и 2000 гг. провела исследования состояния системы управления знаниями в различных организациях мира. Были исследованы 423 компании в Европе и США. По результатам исследований выявлено, что 81% организаций используют или создает программу управления знаниями. Однако построение корпоративной СУЗ – достаточно сложный процесс, требующий вмешательства не только в информационную инфраструктуру компании, но и в ее культуру.

В марте 2012 года руководством ГК «Росатом» было принято решение об объединении ОАО «НИАЭП» и ЗАО «Атомстройэкспорт». Сегодня НИАЭП-АСЭ – ведущая инжиниринговая компания отечественной атомной отрасли, которая одновременно проектирует и сооружает два десятка энергоблоков в России и за рубежом. В объединенной компании работает порядка 7 тысяч специалистов. В стратегии ГК «Росатом» объединенной компании отводится роль центра развития отраслевого инжинирингового бизнеса и ведущего российского экспортера услуг по сооружению АЭС за рубежом.



**Рис. 5. Инновационная инфраструктура Microsoft**

Табл. 1. Целевая модель СУЗ ГК «Росатом»

Основные характеристики системы к 2015 году	Показатели	Проекты, направленные на достижение заявленных результатов
Созданы условия для активной генерации новых знаний (инноваций), раскрытия потенциала научно-технических кадров (карьерная лестница ученого, специализированные программы, конкурсы, краудсорсинг и др.)	Ежегодное увеличение количества создаваемых результатов интеллектуальной деятельности (РИД) на 10 %	Проект 1 «Управление научно-техническими сообществами»: Планирование потребности в научно-технических компетенциях Развитие, сохранение и привлечение научно-технических компетенций Работа с талантами Формирование социальных сетей экспертных сообществ Взаимодействие с профильными университетами
Система обеспечивает сбор, хранение и коллективное использование отраслевых научно-технических знаний через портал НТИ	100% открытой информации, создаваемой и созданной в результате научно-технической деятельности, размещены на портале научно-технической информации (НТИ) (для коллективного использования с распределением прав доступа).	Проект 2 «Управление научно-техническим контентом»: Планирование расширения контента НТИ Сбор НТИ для наполнения БД Обеспечение хранения, извлечения и распространения Контроль за сохранением контента
Система обеспечивает полный цикл управления правами на РИД, в т. ч. подготовку интеллектуальной собственности (ИС) для коммерциализации	Увеличение доли ИС, готовой для коммерциализации, до 40%	Проект 3 «Управление правами на РИД»: Планирование создания РИД Выявление и защита ИС Использование и распоряжение РИД Контроль за движением РИД

Создание системы управления знаниями объединенной инжиниринговой компании НИАЭП-АСЭ (ОИК) – насущная необходимость. Приступая к реализации проекта по созданию СУЗ ОИК, необходимо учитывать накопленный мировой опыт и использовать имеющийся потенциал.

Проект структурной схемы СУЗ ОИК представлен на рис. 6.

Необходимо отметить, что предлагаемая СУЗ ОИК коррелируется с концепцией системы управления знаниями ГК «Росатом», а также соответствует теоретическим основам и современным тенденциям развития в предметной области.

Развитие системы планируется по трем направлениям:

1. научно-образовательная деятельность;

2. научно-техническая информация и патентная деятельность;

3. научно-методическое обеспечение системы управления знаниями.

При этом для многих элементов системы уже имеются существенные заделы (на схеме выделены цветом).

Система подготовки и повышения квалификации персонала разрабатывается и об-

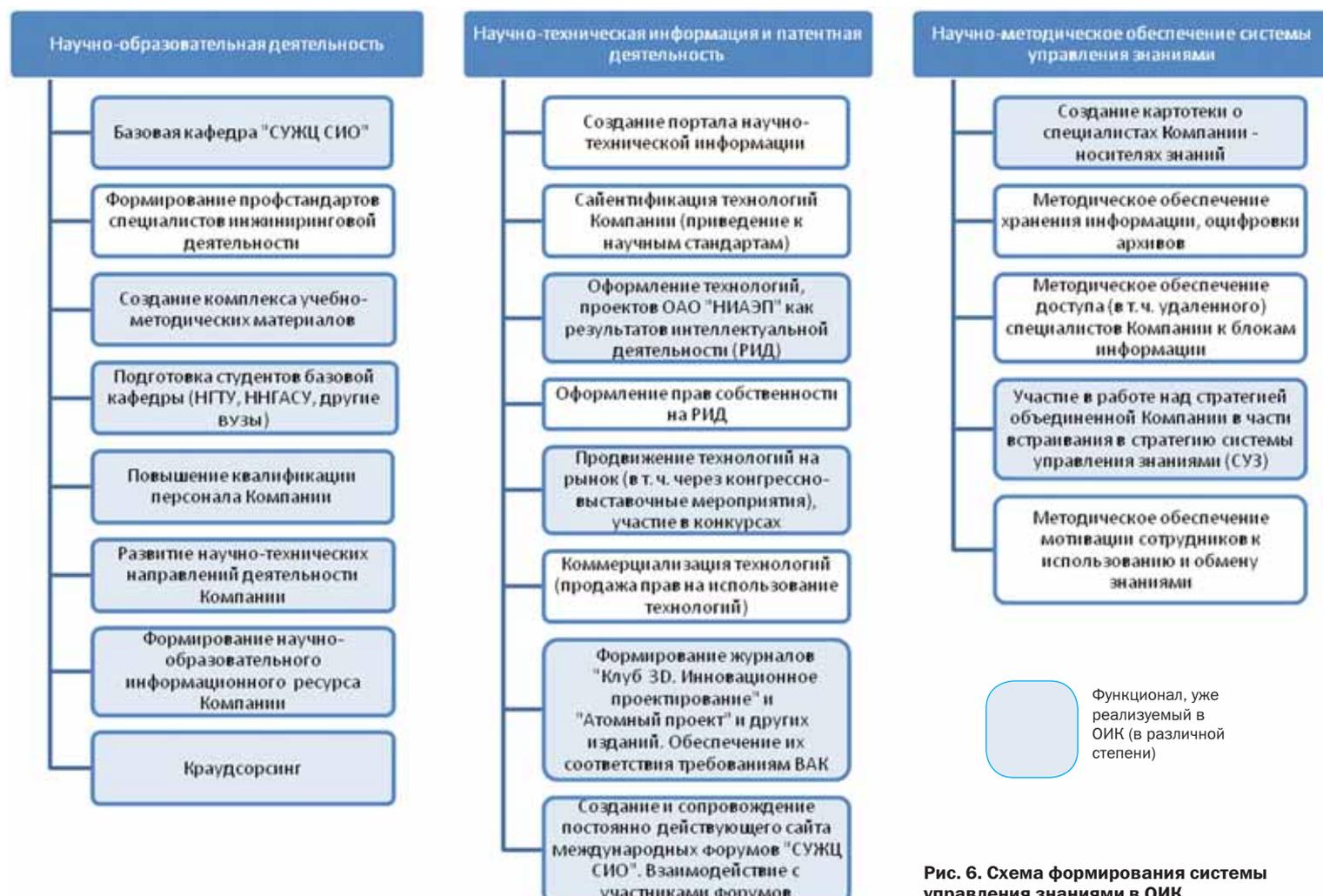


Рис. 6. Схема формирования системы управления знаниями в ОИК

новляется с учетом задач ОИК, исходя из ее стратегических приоритетов. В 2012 году был сделан акцент на повышение квалификации и развитие корпоративных компетенций руководителей среднего и высшего звена управления. 80 руководителей различного уровня Волгодонского и Балтийского филиалов в 2012 году обучались по программе «Внедрение IT – технологий в проектирование и производство».

Отдельная программа обучения и развития разработана для руководителей, которые прошли процедуру ежегодной оценки корпоративных компетенций.

В 2013 году для руководителей высшего и среднего звена начат 72-часовой авторский курс профессора, заведующего кафедрой менеджмента Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) В.М. Матиашвили «Как сделать свою компанию «обучающейся организацией»: технологии, возможности, ограничения, лучшие бизнес-практики». В ходе занятий обучающимися, помимо получения знаний и навыков, вырабатываются конкретные рекомендации по улучшению деятельности ОИК и росту ее компетенций.

Наиболее продвинутым проектом СУЗ ОИК является базовая кафедра НГТУ в ОАО «НИАЭП» «Системы управления жизненным циклом сложных инженерных объектов» (СУЖЦ СИО). Договор о создании кафедры подписан в июле 2012 года, а уже с сентября на кафедре началось обучение студентов НГТУ и Нижегородского архитектурно-строительного университета (ННГАСУ). Цель данного курса обучения – специализация студентов для последующей работы в ОИК. Обучение ведется профессорско-преподавательским составом НГТУ, ННГАСУ и специалистами ОИК.

В ОИК формируется общедоступный научно-образовательный информационный ресурс, в основе которого лежат проектный кабинет (архив проектных разработок компании) и электронная библиотека периодических и эксклюзивных изданий.

Разработаны предложения по участию ОАО «НИАЭП» в создании Центра научно-технической информации ОАО «Концерн Росэнергоатом» (ЦНТИ). Участие в работе ЦНТИ для ОИК необходимо прежде всего для развития проектов, реализуемых инжиниринговой компанией, для совершенствования работы базовой кафедры НГТУ в ОАО «НИАЭП».

В частности, предлагается распространить деятельность ЦНТИ по информационно-аналитическому обеспечению на учебные заведения атомной отрасли, прежде всего, – члены ассоциации высших учебных заведений «Консорциум опорных вузов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Кроме того, данные вузы самостоятельно ведут научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, результаты которых также могут стать источником для формирования информационных баз ЦНТИ. Эти меры позволят, с одной стороны, в значительной мере повысить уровень профессиональной подготовки обучающихся и адаптировать их к работе в организациях атомной отрасли, а с другой – обеспечат доступ специалистов предприятий к результатам НИОКР вузов.

Рассматривая ЦНТИ в качестве одного из ключевых элементов проектируемой СУЗ в атомной отрасли, считаем целесообразным уже на стадии разработки проекта предусмотреть механизмы взаимодействия ЦНТИ с другими элементами СУЗ, такими как, например, работа с результатами интеллектуальной деятельности, организация диффе-

ренцированного доступа (в т. ч. удаленного) специалистов к блокам информации. Для ОИК важно обеспечить доступ к информационным базам ЦНТИ сотрудников проектного блока, блока управления проектами, закупок и поставок, развития, управления стоимостью, качеством и др.

Еще одним элементом формирующейся СУЗ являются периодические издания ОИК. С 2010 года ОАО «НИАЭП» и Ассоциация инновационного проектирования издает международный журнал «Club 3D. Инновационное проектирование». Направленность журнала – обмен опытом и развитие конкурентоспособных технологий проектирования, сооружения и эксплуатации сложных инженерных объектов. Журнал выходит на русском и английском языках. Кроме того, совместно с издательством «Курьер-медиа», ОИК выпускает журнал «Атомный проект», целевая аудитория которого – специалисты по производству и поставкам оборудования и материалов для атомной энергетики.

Обмену знаниями и продвижению технологий на рынок способствует участие и организация ОИК различных конгрессно-выставочных мероприятий. Наибольшее значение имеет ежегодный Международный научно-практический форум «Управление жизненным циклом сложных инженерных объектов». В 2013 году он проводится в третий раз и будет посвящен инструментам поддержки эксплуатации сложных инженерных объектов.

Важной составной частью СУЗ является системное оформление проектов, технологий как результатов интеллектуальной деятельности (РИД) с возможностью последующего закрепления прав собственности на РИД. Во многих организациях патентные службы находятся в структурах, занимающихся научно-технической информацией. Например, в ОКБМ Африкантов в составе отделения стратегического развития и внешнеэкономической деятельности работают отдел научно-технической информации с бюро патентных исследований и отдел оценки стоимости и экономического эффекта от использования ноу-хау; в НИИИС отдел научно-технической информации и патентных исследований входит в научный блок организации; в РФЯЦ-ВНИИЭФ правовую охрану объектов интеллектуальной собственности (ИС), создаваемых в процессе инновационной деятельности, осуществляет отдел патентной и научно-технической информации. На наш взгляд, в ОАО «НИАЭП» для реализации информационных и научно-технических функций работы с объектами ИС по направлениям деятельности может быть использован потенциал формируемой СУЗ.

В силу традиционной специфики проектной деятельности ОИК до настоящего времени не сосредотачивалась на проведении научно-исследовательских работ. В современной ситуации опора исключительно на технологические подходы представляется недостаточной. Необходимо развивать научные направления. На решение данной задачи в рамках СУЗ ОИК направлен проект по сертификации (приведению к научным стандартам) инновационных технологий, разработанных ОИК. Данный проект подразумевает применение научных принципов в производстве и обучении, а также использование научных методов и приемов при решении технических проблем.

Необходимо отметить, что залогом успеха развития СУЗ ОИК (как, впрочем, и любой СУЗ) является решение проблемы мотивации людей для обмена знаниями.

Сложность заключается в том, что знания в большинстве своем являются скрытыми и неформализованными – неявными. Различают две категории знаний – явные и неявные, или скрытые. Под явными подразумевают знания, сохраняемые в структурированной и слабо структурированной формах на таких носителях, как бумажные документы, сообщения по электронной и голосовой почте или видеоматериалы. Эти знания сформулированы и готовы для передачи другим людям. Именно на работу с этими знаниями ориентированы уже действующие элементы СУЗ ОИК.

К сожалению, до 80% интеллектуальных активов любой организации приходится на долю неявных знаний, принадлежащих ее сотрудникам. Неявные знания формируются вокруг нематериальных факторов. Эти знания являются персональными, специфичными по своему содержанию сведениями или навыками, приобретаемыми (вырабатываемыми) человеком в процессе практической деятельности. Доступ к ним возможен только в ходе непосредственного общения между людьми или в процессе коллективной работы.

В связи с этим современные компании сталкиваются с серьезной проблемой поиска способов перевода большей части скрытых знаний в явную форму.

«Как заставить людей делиться знаниями?» – главный вопрос и проблема формирования СУЗ.

«Необходимо создать условия, при которых им будет невыгодно не обмениваться своими знаниями».

При кажущейся простоте этого ответа, его реализация на практике упирается в существующие проблемы.

Коллективные знания организации обычно находят отражение в различных документах – регламентах, письмах, чертежах и т. п. В случае, если такие знания не задокументированы и при этом отсутствуют сведения об их источнике и местонахождении в компании, использовать полностью эти ценные ресурсы очень сложно, а то и вообще невозможно. Поэтому для развития системы обмена знаниями недостаточно только вкладывать средства в обучение и развитие персонала. Необходимо уметь «извлекать» знания из сотрудников и документировать их, чтобы они не пропали для компании в случае ухода сотрудника.

Извлечение знаний представляет собой наиболее важный этап цикла обмена знаниями. Для успешной работы системы необходимо убедить сотрудников организации делиться своим опытом с коллегами, чему существует целый ряд препятствий.

«Моя ценность как работника определяется тем, что я знаю нечто, неизвестное остальным».

«Мне за это не платят».

«Обмен знаниями – пустая трата времени».

«Люди обязаны уметь мыслить самостоятельно».

«Я слишком занят для этого».

«Сейчас неподходящее время для обмена знаниями».

«Требуется слишком много времени, чтобы найти источник нужной информации».

Таким образом, решение вопросов мотивации специалистов к обмену знаниями является одним из краеугольных камней не только построения, но и функционирования СУЗ.

Выделяют два типа мотивации: материальную и нематериальную.

К факторам материальной мотивации, как правило, относят:

- повышение заработной платы;
- карьерный рост;

- обучение и стажировки;
- гибкий рабочий график;
- отпуск в удобное время.

Перечень нематериальных факторов более обширен:

- признание авторитета сотрудника и его экспертного мнения, уважение среди коллег;
- получение эмоциональной обратной связи: люди работают лучше, если получают отзывы о выполненной работе. Не последнюю роль играет способность человека оценивать результаты собственной деятельности;
- обеспечение работников необходимыми ресурсами. Если условия работы неблагоприятны (нет необходимых инструментов, оборудования, материалов; сотрудник не располагает информацией, достаточной для принятия решений; некомфортное рабочее пространство офисных помещений, не хватает времени), сотрудника неизбежно постигнет разочарование;
- публичное выражение признательности за хорошо сделанную работу;
- создание «открытого пространства» для общения работников разных ступеней организационной иерархии (свою эффективность здесь сохраняют тренинги, программы обмена, стажировки и неформальные совещания);
- развитие программ наставничества;
- формирование временных рабочих групп для совместного участия в проектах;
- развитие корпоративной культуры (создание благожелательной атмосферы в коллективе, культуры доверия).

Многообразие форм материального и нематериального стимулирования создает обширное рабочее пространство для их креативного применения. В случае с СУЗ ОИК предстоит большая работа по разработке и применению методов стимулирования специалистов к обмену знаниями.

Для обеспечения сбора, хранения и анализа знаний, организации доступа (в т. ч. удаленного) специалистов ОИК к блокам информации необходимо применение соответствующих IT-технологий и программного обеспечения.

В качестве технологической платформы для СУЗ предлагается упомянутая выше 3DSwYm от Dassault Systemes, которая позволит ОИК создать собственное онлайн пространство для общения сотрудников, партнеров, поставщиков и потребителей. Они становятся активными участниками процесса разработки проектов и, внося свои идеи, способствуют внедрению инноваций. 3DSwYm представляет собой онлайн корпоративную среду нового поколения, которая создана в поддержку стратегических и глобальных преобразований. Результатом становится растущее взаимодействие между внутренней и внешней экосистемами, благодаря которому любая компания становится более гибкой, инновационной и социально ориентированной. 3DSwYm может быть дополнена другими продуктами от Dassault Systemes – Exalead (мощная инфраструктура поиска информации), а также Netvibes (портал управления знаниями).

В ОИК с помощью программных приложений платформы 3D EXPERIENCE от Dassault Systemes (CATIA, ENOVIA и DELMIA) ОАО «НИАЭП» уже разработана технология Multi-D, которая позволяет детально моделировать строительно-монтажные процессы на основе информационной 3D-модели объекта и управлять жизненным циклом энергоблоков АЭС. В данной конфигурации СУЗ ОИК может быть успешно интегрирована с данной системой.

Главной стратегической целью объединенной инжиниринговой компании НИАЭП-АСЭ в настоящем и обозримом будущем является укрепление лидирующих позиций на мировом рынке сооружения сложных инженерных объектов, прежде всего – АЭС. Для достижения успеха ОИК должна использовать присущие ей компетентность, внутренние и внешние связи, накопленные знания. СУЗ должна быть органично вписана в систему управления компанией.

Понимая управление знаниями как комбинацию отдельных аспектов управления персоналом, инновационного и коммуникационного менеджмента, а также использования новых информационных технологий в управлении, СУЗ ОИК должна способствовать развитию интеллектуального потенциала компании, включающего в себя разработку и патентование новых знаний, наращивание нематериальных активов.

Спроектированная и внедренная в организации система управления знаниями, образно говоря, является «неиссякаемым источником» для постоянного развития компании, формирования компетенций и конкурентных преимуществ, обеспечивающих устойчивое настоящее и перспективное будущее.

#### Литература

1. Агафонов А.Г. Система управления знаниями. Презентация, 2012.
2. Брукинг Э. Интеллектуальный капитал / Пер. с англ. под ред. Л.Н. Ковалик. – СПб: Питер, 2001. – 288 с.
3. Дресвянников В.А. Построение системы управления знаниями на предприятии: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2006.
4. Коллисон К., Парселл Д. Учитесь летать. Практические уроки по управлению знаниями от лучших научающихся организаций. М., 2006.
5. Менеджмент знаний и инновации: уроки технологических лидеров., материалы международной конференции. Москва, 2012 г.
6. Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / Перевод с английского. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 384 с.
7. Поцелуев Д.А. Факторы мотивации обмена знаниями в организациях. Вестник Самарского государственного экономического университета, 2009, 9(59).
8. Росатом делится знаниями. Под ред. В.А. Першукова и Д.С. Медовникова. М., 2012 – 152 с.
9. Сенге П. Пятая дисциплина: искусство и практика самообучающейся организации / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 1999. – 408 с.
10. Стратегия управления знаниями Lotus и IBM. Обзор. Сентябрь, 2000 <http://www.ibm.com/knowledge>.
11. Тоффлер, Э. Третья волна, 1980. — М.: АСТ, 2010. — 784 с.
12. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы Т 817 управления знаниями (методы и технологии) / Под общ.ред. В.З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
13. Knowledge Management Research Report 1998. KPMG, 1998
14. Knowledge Management Research Report 2000. KPMG, 2000
15. Sveiby KE, Risling A (1986): Kunskapsforetaget, (The Knowhow Company) Liber
16. The knowledge: Karl Wiig. Inside knowledge. URL : [http://www.ikmagazine.com/xq/asp/sid.0/FD0C4391-F53F-4F27-8B45-4CE89C7EEC7D/eTitle.The\\_knowledge\\_Karl\\_Wiig/qx/display.htm](http://www.ikmagazine.com/xq/asp/sid.0/FD0C4391-F53F-4F27-8B45-4CE89C7EEC7D/eTitle.The_knowledge_Karl_Wiig/qx/display.htm).

## Formation and development of a knowledge management system in engineering company

**N.Y. LEONTIEV, Head of Strategic Development and Market Monitoring Department, in JSC «NIAEP»**  
**D.V. SEDELNIKOV, Chief Specialist, Strategic Development and Market Monitoring Department, JSC «NIAEP»**

**For the world engineering companies alongside with the use of innovative methods of design and construction of complex engineering facilities is typical the use of advanced managerial technologies. In the present conditions of transfer to the post-industrial information society availability of the knowledge management system, as one of the leading management technologies becomes a factor of maturity of the company management system. The article focuses on theoretical bases, bench marking, and also on proposals for formation and development of the knowledge management system in the biggest engineering company in Russia– JSC NIAEP.**

Knowledge management system, KMS, scientific and technical society, scientific and technical contents, scientific and educational activity, results of the intellectual activity, corporate management, project management, motivation.

In the condition of formation of the sixth wave of innovation and economy based on knowledge, in the majority of the world major companies are developing knowledge management systems (KMS). In the current expert estimations availability of KMS is the paramount sign of the company's managerial maturity. For engineering companies, knowledge management ranks with the management of time, quality, cost of construction of facilities. Formation of KMS creates prerequisites for the development and efficient use of the intellectual potential of companies to implement projects and improve technologies, business development and diversification, increasing competitiveness on the markets.

The theoretical basis of knowledge management systems is based on the works of E. Toffler, the American sociologist and futurist. According to Toffler, humanity is heading to a new technological revolution, that is the first wave (agrarian society) and the second wave (industrial society) are replaced by a new one, that leads to creation of the information or the post-industrial society. The main value in this society is knowledge – information organized in a special way that allows obtaining new information on the basis of the existing one. In the 60 years of the XX century in the works of Daniel Bell, P. Druker, M. MacCluen, Y. Masudiy



Fig. 1. People, Places and Things – the three major parts of Knowledge Management (IKM)

and others can be traced further development of the theory of the «new» society – the postindustrial / information society.

In the 70 years began to arise the concept of «information management» – a special type of the enterprise management based on an integrated use of in-house and external information. In the 80s formed the three approaches to knowledge management, conventionally named as «American» (K. Wiig), «Scandinavian» (or «European») (K-E. Sveybi, Sweden), and the «Japanese» (I. Nonaka).

The variety of theoretical schools and attempts to develop a holistic concept of knowledge management were and are accompanied by experiments of practical implementation in the science intensive companies and business.

In 1999, Lotus Development Corp. and IBM Corp. established the Institute for Knowledge Management (IKM) – a commercial research consortium, whose senior staff includes leading experts in the subject area. The classical scheme of IKM determines People, Places and Things as the three main ingredients in the effective knowledge management infrastructure.

PEOPLE – are employees, customers, partners, experts and other people, on which depends the the business success. The knowledge management technologies provide them with the conditions and tools for effective communication. These technologies also provide the ability to identify people in terms of: who knows them, what they know and how professional they are in this issue.

PLACES – are virtual workspaces where people gather for «brainstorming», training and



Fig. 3. 3DSwYm – a technological platform for social innovations by Dassault Systemes

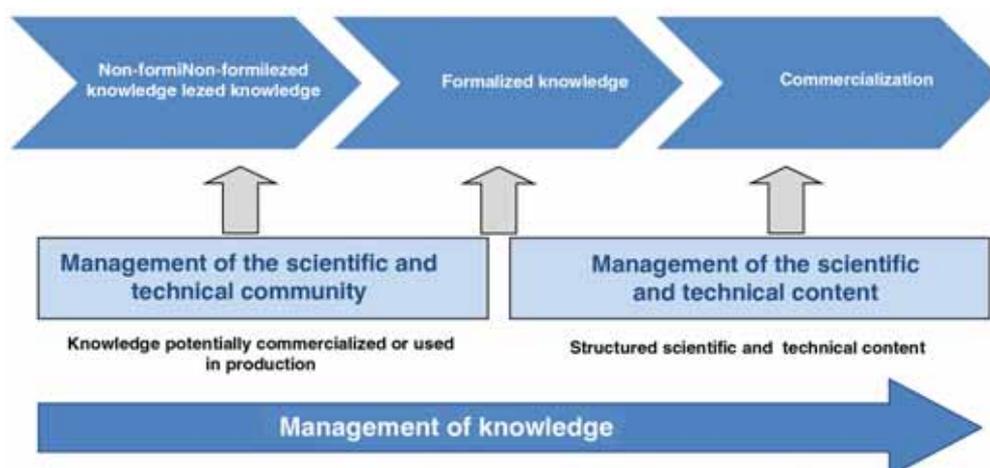


Fig. 2. The knowledge life cycle according to Dassault Systemes

communication. The knowledge management technologies provide these workspaces and equip them with structured content, teaching aids and communications technologies, so that users can connect asynchronously or in real time.

THINGS include data, information, and processes that are created, used, stored and shared (with the division of access) across the organization. Knowledge Management enables users to have access to these things and use them to achieve business goals.

According to this concept, people, not facts, are the focal point in the knowledge management. People bring understanding, experience and knowledge into business processes and they feel the need in places where they could create and apply knowledge, and in the things that would help them to achieve their business goals.

This concept of the 2000s has gained momentum in the company Dassault Systemes. Dassault Systemes technologies for knowledge management mean:

1. Creation of conditions favouring to the growth of innovative activity:
  - professional development of staff;
  - creation of conditions for the development of scientific and technical competences;
  - formalization of implicit knowledge;
  - provision with modern tools for work with scientific and technical information.
2. Formation of environment for active generation of innovations, realization of the potential of scientific and technical personnel.
3. Provision for collection, storage and collective use of the industrial scientific and technical

knowledge through the portal of scientific and technical information.

4. Management of knowledge life cycle:
  - management of the scientific and technical communities;
  - management of scientific and technical content

Fig. 2 represents a diagram of knowledge life cycle in the understanding of Dassault Systemes.

As a technological platform for social innovation Dassault Systemes offers 3DSwYm (See What You Mean), which allows any company to create their own online space for communication of employees, partners, suppliers and customers (Fig. 3). The collaborative Platform 2.0 3DSwYm unites 9,000 employees of Dassault Systemes, enabling them to exchange ideas and jointly look for innovation. This advanced integrated environment serves as the basis for creating web-communities and Web services, including social networks, blogs, content sharing and 3D-models, development of dynamic profiles of employees, etc. During a few months of 3DSwYm existence over 400 communities have been created, that base on the commonality of experience, projects, interests and hobbies.

Analysis of different approaches to the knowledge management suggests that there are many understandings of the ways of formation and development of the knowledge management system in the organization:

- Informatization of the decision making support system.
- Scientific organization of workers labour
- Crowdsourcing.

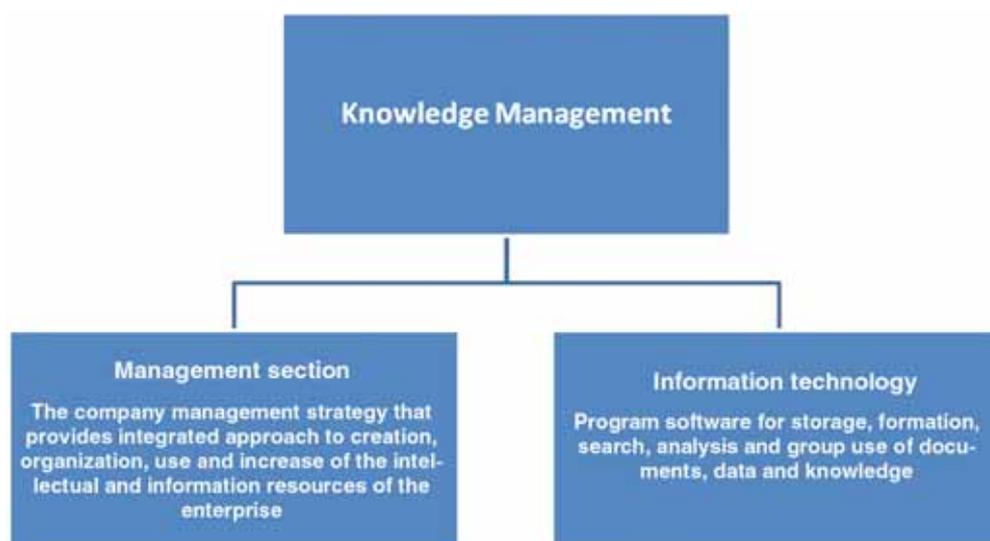


Fig. 4. The dual nature of the knowledge management

- Engineering and reengineering of non-productive business processes.
- Conventional scientific and research, R&D activities.

- Formation of a «learning organization».

Assessment of results of the organization intellectual activity (RIA), inclusion of RIA in the economic cycle etc.

The major contradictions in the evaluation of the knowledge management systems lie in their interpretation as a trend in management or IT-technology (Fig. 4).

As shows experience of such companies as Dassault Systemes, Microsoft, these discrepancies are mostly farfetched. Automation of processes associated with the accumulation and dissemination of information may be a solid foundation for strengthening the corporate culture and accumulation of experience.

For automation are used tools of the class KM (Knowledge Management). These solutions help to structure and automate the process of extracting the repeated information, process its sources and provide a personalized access to it. Often the systems of the KM class are based on the portal technologies. A complete solution is called an enterprise knowledge portal (EKP).

Innovation infrastructure of the company Microsoft proper is based on the same principles (Fig. 5)

In addition to solutions from major vendors (IBM, Microsoft, Dassault Systemes), there are others, including Russian IT products on the market that offer standard solutions for KMS formation, for instance, Molten and Tekora.

Large companies in Russia also begin to develop corporate knowledge management systems yet with some delay. We may mention the use of the crowdsourcing in corporate management in JSC «Sberbank Rossii», the KMS iKnow in the business trend of «Razvedka i dobucha» TNK-BP, the KMS Block of oil refining and Petrochemicals JSC «Lukoil», etc.

In 2012, was introduced the concept of the knowledge management system of the SC «Rosatom». Its main purpose is support on the entire life cycle of generation and use of knowledge from idea to its commercialization.

The target model of the KMS of the SC «Rosatom» is presented in the table below.

Organizations of the nuclear industry also show their interest in the subject. According to

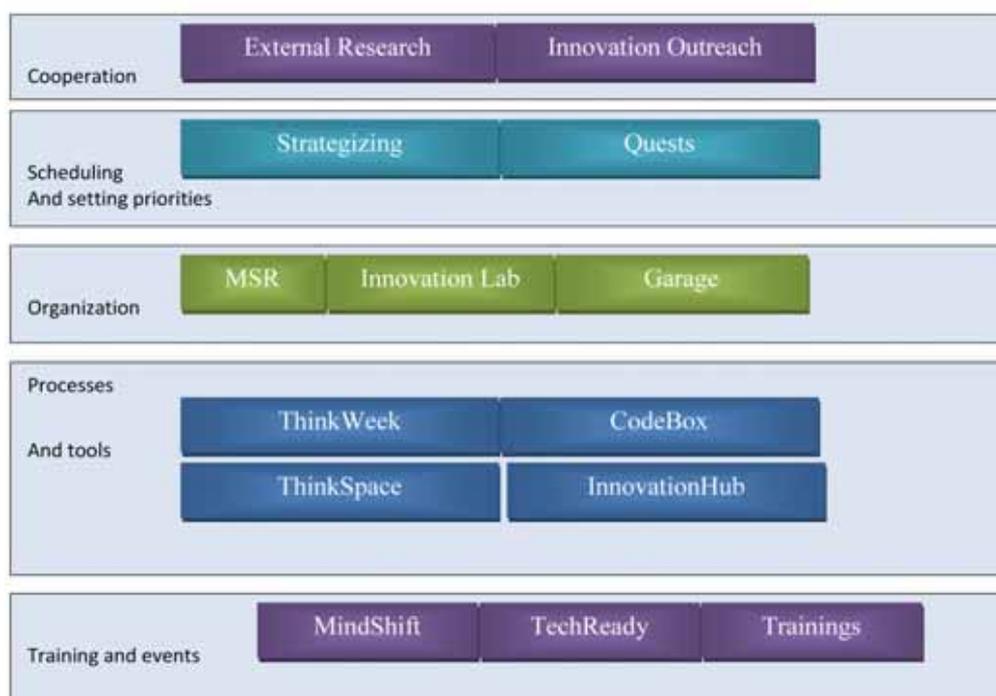


Fig. 5. Microsoft Innovation Infrastructure

the reports delivered at the International Conference «Knowledge Management and Innovation: Lessons from technology leaders» (Moscow, 2012), the following companies are developing a knowledge management system in this or that form: JSC VNIIAES, OKB «GIDROPRESS», JSC TVEL and other companies.

KPMG Consulting (USA) in 1998 and 2000 conducted researches of the state of knowledge management systems in different organizations worldwide. Were studied 423 companies in Europe and the USA. According to the research findings 81% of organizations are using or creating a knowledge management program. However, creation of the corporate KMS is a rather complex process that requires intervention not only in the company's information infrastructure, but also in its culture.

In March 2012, the leadership of the State Corporation «Rosatom» decided to merge JSC «NIAEP» and JSC «Atomstroyexport». Today NIAEP-ASE is a leading engineering company of the domestic nuclear industry, which concurrently designs and constructs two dozen units in Russia and abroad. The company has

about 7,000 people in its employ. Under the strategy of the SC «Rosatom», the merged company plays the role of the epicenter of the industrial engineering business and a leading Russian exporter of services on NPP construction abroad.

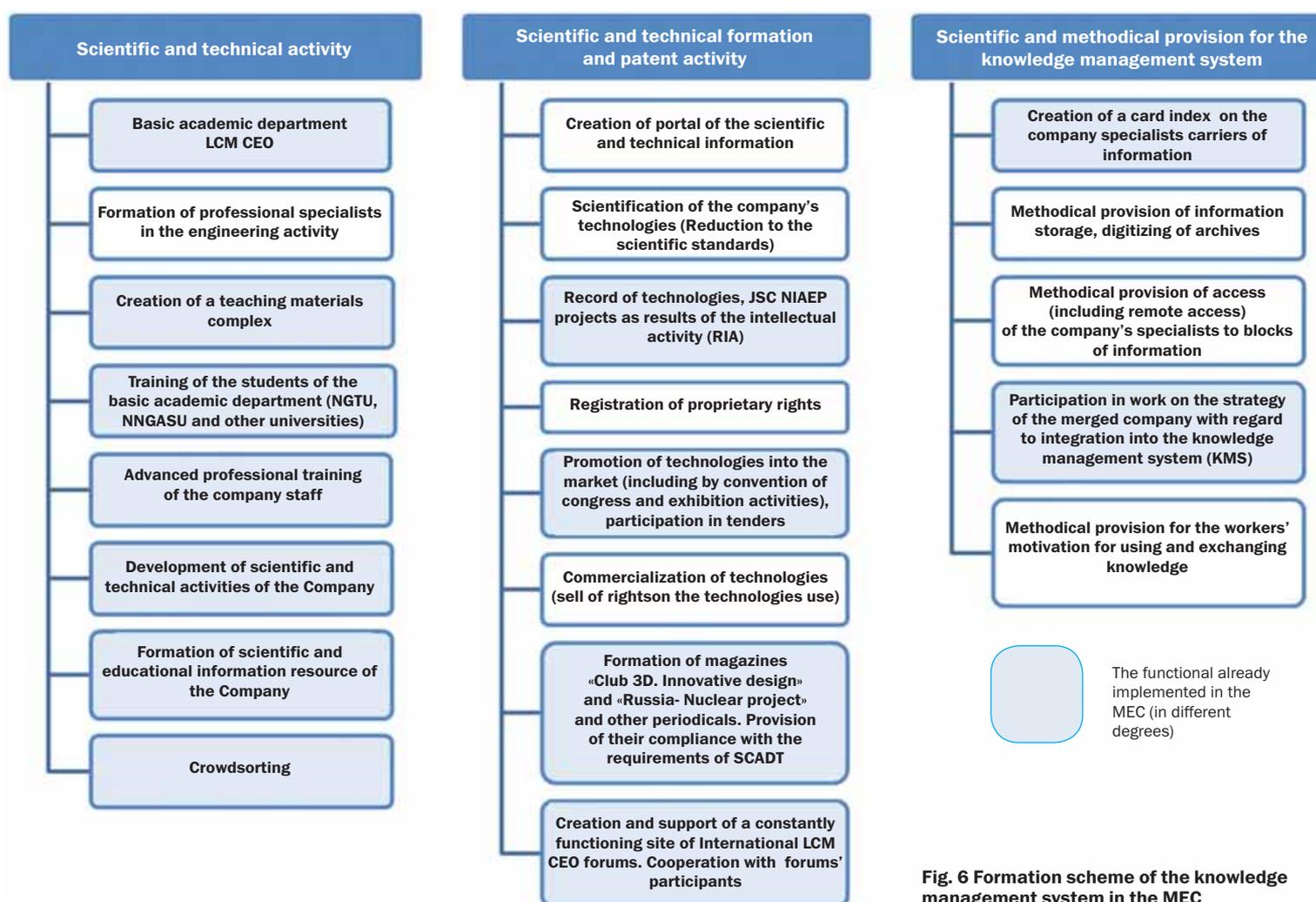
Creation of the knowledge management system is an absolute must for the merged engineering company NIAEP-ASE (MEC). Embarking upon implementation of the project of creation of the MEC KMS it is necessary to take into consideration the international experience and use of the existing potential.

The project of structural diagram of the MEC KMS is shown in Fig. 6.

It must be mentioned, that the suggested MEC KMS correlates with the concept of the knowledge management system of the SC Rosatom and also meets theoretical bases and modern development tendencies in the subject area. It is planned to develop the system in three directions:

1. scientific and educational activity\$
2. scientific and technical information and patent activity\$

Main characteristics of the system by 2015	Factors	Projects aimed at achievement of the target results
Created conditions for active generation of new knowledge (innovations), disclosure of the potential of scientific and technical staff (career ladder of a scientist, specialized programs, contests, crowdsourcing etc).	Annual increase of RIA results by 10 %	Project 1 «Management of scientific and technical communities»: Planning of a need in scientific and technical competence Development, retaining and drawing of scientific and technical competences Work with talents Formation of social nets of expert communities
The system provides collection, storage and collective use of the industrial scientific and technical knowledge through the STI portal	100 % of open information created in the result of scientific and technical activity .It is available on the portal of scientific and technical information (STI) ( for collective use with distribution of access rights).	Project 2 «Management of scientific and technical contents»: Planning of STI contents expanding Collection of STI for filling of DB Provision of storage, extraction and dissemination Control under content preservation
The system provides a full cycle of right on RIA management, including preparation of intellectual property (IP) for its commercialization	Increase of the IP share ready for commercialization to 40%	Project 3 «Management of rights for RIA»: Planning of RIA creation Detection and protection of IS Use and disposal of RIA Control under RIA flow



**Fig. 6 Formation scheme of the knowledge management system in the MEC**

3. scientific and methodological provision of the knowledge management system.

Moreover, many elements of the system already have substantial backlogs (are highlighted in the scheme). The system of staff training and development is developed and updated to reflect the MEC tasks basing on its strategic priorities. In 2012, an emphasis was put on the training and development of the corporate competences of the mid and upper level managers. In 2012, 80 managers of different levels of Volgodonsk and Baltic subsidiaries got tuition in the program «Introduction of IT-technologies into design and production».

A separate program was developed for the managers who had undergone the annual assessment of corporate competences. In 2013, for the upper and mid-level managers started a 72 hours course delivered by V.M. Matiashvili, Professor, Head of the Management department in the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NGTU) «How to make your company «a learning organization?»: technologies, opportunities, restrictions, best business practices». In its course, the trainees in addition to acquiring knowledge and skills, develop concrete recommendations for improvement of the MEC activity and growth of its competences.

A most advanced project of the MEC KMS is a basic department of NGTU in JSC NIAEP «Systems of life cycle management of complex engineering objects» (LCMS CEO). The agreement on the department establishment was signed on July, 2012, and in September started tuition of the NGTU students and those of the Nizhny Novgorod State Architectural and Construction University (NNGASU). The aim of this tuition course is specialization of the students for their further work in the MEC. The tuition is conducted by profes-

sors of NGTU, NNGASU and by the specialists of the MEC.

In the MEC is forming a public scientific and educational information recourse, on the basis of which exist a design room (archive of the company's design developments) and an electronic library of periodical and exclusive issues. Have been developed proposals for participation of JSC NIAEP in establishment of the Centre of scientific and technical information of JSC Concern Rosenergoatom (CSTI). For the MEC it is indispensable to participate in the CSTI establishment, first of all, to develop the projects, implemented by the engineering company, and to improve the work of the basic NGTU department in JSC NIAEP. Particularly, it is proposed to spread the CSTI activity on information and analytical provision on all the educational establishments of the nuclear industry, and firstly on the association members of the higher educational establishments «Consortium of supporting institutions of the state atomic energy corporation Rosatom». Moreover, these establishments independently lead scientific and research and R&D activities, the results of which may become a source for formation of information bases of the CSTI. On the one hand, these measures will permit to significantly enhance the training level of students and adapt them for the work in the nuclear companies, and on the other hand, they will provide access of enterprise specialists to the universities R&D findings.

Considering the CSTI as one of the key elements of the designed KMS in the nuclear industry, we believe it appropriate already on the project design stage to envisage the mechanisms of interaction of the CSTI with other elements of the KMS, such as work with results of the intellectual activity, organization of the differential access (including remote access) of the

specialists to information blocks. For the MEC it is important to provide access to the CSTI information blocks for the specialists of the design department, department of projects, procurement management, that of development, cost and quality management etc. Another element of the forming KMS is periodicals of the MEC. Since 2010 JSC NIAEP and «Association of innovative design» have been issuing an international magazine «Club 3D. Innovative design». The magazine aims at experience exchange and development of competitive technologies of design, construction and operation of complex engineering facilities. The magazine is issued both in Russian and English. Besides, in conjunction with the publishing house «Curier-Media» the MEC issues a magazine «Atomic project», the target audience of which are specialists in equipment and materials procurement for the nuclear industry.

Participation of the MEC in diverse congress and exhibition events favours to the knowledge exchange and technologies promotion on the market. The major importance has an annual International Scientific and Practical Forum «Life cycle management of complex engineering facilities». In 2013, it will be held for the third time and will be devoted to the tools to support operation of complex engineering facilities.

An important part of the KMS is system record of projects, technologies as results of the intellectual activity (RIA) with the possibility of securing proprietary rights on the RIA. In many organizations the patent offices are located in the structures dealing with scientific and technical information. For instance, in JSC OKBM n.a. Afrikantov within the strategic development department and foreign economic affairs function a scientific and technical information department with a bureau of patent researches and the de-

partment of cost estimation and economic impact from the Know-How use; in JSC NIIS the department of scientific and technical information and patent researches is within a scientific block of the organization; in RFYATS-VNIIIEF the legal protection of intellectual properties (IP) created in the course of the innovative activity performs the department of patent and scientific and technical information. We believe that in JSC NIAEP for implementation of information and scientific and technical work functions with the IP objects may be used the potential of the forming KMS.

On the strength of the conventional specifics of the design activity, the MEC has not focused on research works yet. In the present situation basing exclusively on process approaches seems insufficient. It is indispensable to develop scientific approaches. To solve this task in the scope of the MEC KMS is aimed a project of scientification (reduction to scientific standards) of innovative technologies developed by the MEC. This project assumes application of the scientific methods while solving technical problems.

It must be mentioned that a guarantee of successive development of the MEC KMS (as any KMS) is solution of the motivating people to exchange knowledge.

The problem is that knowledge is implicit and non-formalized. There are two categories of knowledge distinguished – explicit and implicit. The explicit knowledge means knowledge stored in structured and ill-structured forms on such carriers as paper documents, e-mails, voice messages and video materials. This knowledge is already formed and ready to be submitted to other people. Precisely on work with this knowledge are oriented already functioning elements of the MEC KMS.

Unfortunately, up to 80% of intellectual assets of any company account for implicit knowledge that belongs to its workers. Implicit knowledge forms around non-material factors. This knowledge is personal, specific regarding its contents or skills acquired (generated) by a man in the course of practical activity. Access to it is available only during a direct communication of people or in the process of teamwork.

In this regard, modern companies encounter a thorny problem of searching of ways to transfer the major part of implicit knowledge into explicit.

«How to make people share knowledge?» – the main issue of KMS formation.

«It is necessary to create conditions under which it will be unprofitably to exchange their knowledge».

Despite the seeming simplicity of this answer its implementation on practice faces significant problems.

The collective knowledge of organization is usually reflected in different documents – regulations, letters, drawings etc. If this knowledge is not recorded and there is no information on its sources and location in the company, than it is very difficult or even impossible to use these precious resources completely. Therefore, to develop the knowledge exchange system it is not enough to allocate money for staff training and development. It is necessary to «extract» knowledge from the workers and record it so that it did not miss in case of the worker's discharge.

Extraction of knowledge is a most important stage of the knowledge exchange cycle. For a successful work of the system it is necessary to convince the workers to share their experience with colleagues, where we face a number of obstacles:

«My value as a worker is determined by something that I know and the rest do not».

«I am not paid for that».

«Knowledge exchange is a waste of time ».

«People must think independently».

«I am too busy for that».

«it is an inappropriate time for knowledge exchange ».

«it requires too much time to find the necessary source of information».

Hence, solution of motivating specialists to exchange knowledge is one of the corner stones not only in organization of but also in functioning of the KMS.

There are two types of motivation distinguished: material and non-material.

As a rule, to the factors of the material motivation refer:

- salary increase;
- career advancement;
- training and practice;
- flexible working hours;
- vacation at a convenient time.

The list of non-material factors is longer:

– recognition of the worker's authority and his expert opinion, respect among colleagues; acquisition of emotional feedback: people work better if they get feedback on the performed work. A man's ability to assess the results of his own work;

– provision of workers with indispensable resources. If the working conditions are unfavorable (lack of the required instruments, equipment, materials; a worker does not possess information sufficient for decision-making; uncomfortable working space of office rooms, lack of time) a worker will inevitably be disillusioned;

– public expression of appreciation for a well-done work ;

– creation of «an open space» for communication of workers of different organizing hierarchy levels (here trainings, exchange programs, practice and non-formal meetings preserve their effectiveness);

– development of tutorship programs;

– formation of tentative task groups for a joint participation in projects;

– development of the corporate culture (creation of benevolent ambience in the team, culture of trust).

The variety of material and non-material forms of stimulation creates a wide working space for their creative use. In case of the MEC KMS, ahead is a lot of work on development and application of methods of workers' stimulation to exchange knowledge.

To provide collection, storage and analysis of knowledge, organization of access (including the remote access) of the MEC specialists to the information blocks it is necessary to apply the corresponding IT-technologies and program software.

As a technological platform for the KMS is offered the above-mentioned 3DSwYm from Dassault Systemes, that will enable the MEC to create its own on-line space for communication of workers, partners, procurers and consumers. They become active participants of the project development process and by suggesting their ideas contribute to innovations implementations. 3DSwYm is an on-line corporate medium of new generation that was created to support strategic and global transformations. The result is the growing interaction of internal and external ecosystems, due to which any company becomes more flexible, innovative and socio-oriented. 3DSwYm may be supplemented with other products from Dassault Systemes – Exalead (powerful infrastructure of information search), and also Netvibes (portal of knowledge management).

In the KMS with the use of program applications of the 3DEXPERIENCE platform from Das-

sault Systemes (CATIA, ENOVIA and DELMIA), JSC NIAEP has already elaborated a Multi-D technology that enables a detailed simulation of construction and assembly processes on the basis of a 3D object model and manage the NPP Unit life cycle. In this configuration the MEC KMS may be successfully integrated with the system.

The paramount strategic aim of the merged engineering company NIAEP-ASE in the present and near future is strengthening of the leading positions on the world market for construction of complex engineering facilities, primarily of NPPs. To achieve success the MEC must use its competences, internal and external contacts, accumulated knowledge. The KMS must fit well into the company management system. Understanding the knowledge management as a combination of separate aspects of personnel management, innovative and communication management, and also use of new information technologies in management, the MEC KMS must favour to development of the company's intellectual potential that includes development and patent of new knowledge, increase of non-material assets. The designed and introduced system of knowledge management is an «inexhaustible source» for a continuous company development, formation of competences and competitive advantages that provide the steady present and a promising future.

#### References

1. A.G. Agafonov. Knowledge management system. Presentation, 2012
2. E. Brooking Intellectual capital/Translation from English L.N.Kovalik.-SPb:Peter, 2001.-288p.
3. V.A. Dresvyannikov. Creation of the knowledge management system on enterprise: teaching aid.M: KNORUS, 2006 .
4. K. Kollison, D. Parcell. Learn to fly. Practical lessons on knowledge management from best learning organizations.M, 2006.
5. Knowledge management and innovations: Lessons from technological leaders, Materials of the International conference. Moscow, 2012.
6. I. Nonaka, H. Takeuchi. Company-creator of knowledge. Generation and development of innovations in the Japanese firms/Translation from English-M. ZAO Olimp-Business, 2003-384 p.
7. D.A. Potseluev. Factors of motivation for knowledge exchange in organizations. Bulletin of the Samara state economic university, 2009,9(59)
8. Rosatom shares knowledge. Editors V.A. Pershukov and D.S. Medovnikov, M, 2012-152 p.
9. P. Senge. The fifth discipline: art and practice of self-learning organization/Translation from English-M, ZAO Olimp-Business, 1999-408p.
10. Strategy of Knowledge Management Lotus and IBM. Review. A Lotus Development Corporation White Paper. September, 2000 <http://www.ibm.com/knowledge>.
11. E. Toffler. The Third Wave, 1980. — M.: AST, 2010. — 784 p.
12. A.F. Tuzovsky, S.V. Chirikov, V.Z. Yampolsky. Systems T 817 of knowledge management (methods and technologies)/Editor V.Z. Yampolsky – Tomsk, Publishinh house NTL, 2005-260 p.
13. Knowledge Management Research Report 1998. KPMG, 1998.
14. Knowledge Management Research Report 2000. KPMG, 2000.
15. Sveiby K.E., Risling A. (1986): Kunska p f uretaget, (The Knowhow Company) Liber.
16. The knowledge: Karl Wiig. Inside knowledge. URL : [http://www.ikmagazine.com/xq/asp/sid.0.FD0C4391-F53F-4F27-8B45-4CE89C7EEC7D/eTitle.The\\_knowledge\\_Karl\\_Wiig/qx/display](http://www.ikmagazine.com/xq/asp/sid.0.FD0C4391-F53F-4F27-8B45-4CE89C7EEC7D/eTitle.The_knowledge_Karl_Wiig/qx/display).

# Суперкомпьютерные технологии и имитационное моделирование в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**В.П. СОЛОВЬЕВ**, первый заместитель директора ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», директор ИТМФ, доктор физ.-мат. наук.

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (далее РФЯЦ-ВНИИЭФ) создан как многоцелевой научно-технический центр для создания ядерного и термоядерного оружия. Он объединяет несколько профильных институтов и научных центров. Главным институтом РФЯЦ-ВНИИЭФ является Институт теоретической и математической физики (ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ).

Основной задачей ИТМФ является научно-техническое сопровождение ядерного арсенала, что определяет необходимость проведения целого ряда фундаментальных и прикладных исследований (рис. 1) по следующим направлениям:

- разработка и модернизация ядерных зарядов (ЯЗ) от формулирования идеи ЯЗ до анализа результатов экспериментальной отработки и обоснования характеристик;
- авторское сопровождение ЯЗ на всех этапах жизненного цикла;
- разработка физико-математических моделей процессов, протекающих в ЯЗ, создание математических программ для моделирования работы ЯО, обоснования его характеристик;
- разработка программ исследований в интересах ЯО на экспериментальных установках ВНИИЭФ и внешнем полигоне, расчетно-теоретический анализ результатов экспериментов;
- создание высокопроизводительных ЭВМ;
- разработка ядерных энергетических установок специального назначения;
- работы по созданию неядерных боеприпасов (НБП);
- работы по гражданским направлениям: ядерная энергетика, авиастроение, автомобильная промышленность, экология, работы в интересах нефтегазовой промышленности, ОАО «Роскосмос», ОАО «РЖД» и др.

Следует отметить, что ИТМФ – это единственное подразделение РФЯЦ-ВНИИЭФ, которое задействовано во всех основных компонентах, составляющих цикл разработки ЯЗ.

Особенно велика его роль при разработке и оптимизации физических схем ЯЗ и их расчетно-теоретическом обосновании (рис. 2).

В связи с введением моратория на ядерные испытания и, как следствие, сворачиванием старой технологии разработки ЯЗ с использованием полномасштабных испытаний,



Рис. 1. Основные направления научных исследований ИТМФ / Fig.1. ITMP main fields of research



Рис. 2. Цикл разработки ЯЗ / Fig. 2. Nuclear explosive development cycle



Рис. 3. Технологии разработки и модернизации ЯЗ / Fig. 3. Nuclear explosives development and upgrading techniques



Рис. 4. Круг сложных физико-математических и научно-технических задач в фундаментальных и прикладных научных исследованиях, проводимых в ИТМФ / Fig. 4. ITMP's complicated physical-mathematical and scientific-technical tasks in fundamental and applied research

РФЯЦ-ВНИИЭФ перешел к новой технологии разработки и модернизации ЯЗ – без использованием полномасштабных испытаний (рис. 3).

Как можно видеть из рис. 3, в новой технологии полномасштабные испытания заменены расчетно-теоретическим обоснованием характеристик ЯЗ, выполняемым в ИТМФ. Но пройти путь к такой замене оказалось непросто. Для осуществления указанной замены специалисты ИТМФ использовали накопленный опыт применения математического моделирования на созданных собственными силами высокопроизводительных ЭВМ с массовым параллелизмом целого круга сложных физико-математических и научно-технических задач в фундаментальных и прикладных научных исследованиях (рис. 4).

В результате это позволило ИТМФ создать современную технологию разработки и обоснования надежности боезапаса без полномасштабных испытаний (рис. 5).

В этой технологии использован комплексный подход в области суперкомпьютерных технологий (рис. 6).

Созданная при разработке ЯО расчетно-теоретическая база и квалифицированный коллектив ИТМФ позволили применить физико-математические и компьютерные технологии для:

- сопровождения и анализа экспериментов на экспериментальных комплексах и стендах РФЯЦ-ВНИИЭФ для моделирования процессов в ЯЗ;
- разработки обычных вооружений;
- гражданской промышленности.



Рис. 5. Созданная в ИТМФ технология разработки ЯЗ и обоснования надежности боезапаса без полномасштабных испытаний / Fig. 5. ITMP's technology of nuclear explosive development and its reliability substantiation without full-scale tests



Рис. 6. Комплексный подход в области суперкомпьютерных технологий, используемый в ИТМФ / Fig. 6. ITMP's comprehensive approach to the application of supercomputers

Основной результат использования расчетно-теоретических методов:

- сокращение количества необходимых дорогостоящих экспериментов за счет имитационного моделирования;
- сокращение времени, требуемого для отработки изделий.

**Проект «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий»**

Процесс создания конкурентоспособных высокотехнологичных промышленных систем и изделий является чрезвычайно наукоемким, длительным и дорогостоящим. Традиционный подход в создании новых образцов технических систем и изделий всех предыдущих столетий цивилизации был основан на тщательной экспериментальной отработке новых решений, на натуральных экспериментах. Однако, со стремительным (особенно – со второй по-

ловины XX века) усложнением создаваемых технических систем и изделий этот подход стал все более и более тормозить динамику прогресса. Основная причина – значительная продолжительность и высокая стоимость процесса проектирования при использовании традиционного подхода. Более того, в ряде случаев проведение натуральных испытаний в необходимом объеме по техническим, финансовым, временным и другим причинам уже просто невозможно.

Вот почему высокоразвитыми странами в конце XX века был предложен новый подход в создании конкурентоспособных высокотехнологичных промышленных систем и изделий. В новом подходе в ходе процесса проектирования и разработки перспективных образцов технических систем и изделий упор делается не на использование экспериментов и натуральных испытаний, а на использовании суперкомпьютерных технологий имитационного предсказательного моделирования.

При использовании суперкомпьютерной технологии имитационного предсказательного моделирования (далее – СКТ) реальные изделия заменяются их виртуальными аналогами с учетом основных конструктивных особенностей, а протекающие физические процессы описываются высокоточными физико-математическими моделями. Применение СКТ позволяет заменить натуральный эксперимент его виртуальным аналогом, намного менее затратным по времени и ресурсам и в то же время гораздо более информативным. Учитывая многообразие и сложность физических процессов, которые требуется моделировать при полномасштабном описании работы высокотехнологичных промышленных систем, необходимо применение специализированных пакетов программ, описывающих эти процессы. Проведение подобного моделирования с необходимой степенью детализации объектов в приемлемые сроки возможно лишь на суперЭВМ с использованием программных пакетов, предназначенных для эффективного решения таких задач на десятках и сотнях тысяч процессоров.

Таким образом СКТ – это комплексное решение, включающее в себя целый ряд компонент. Важнейшими из них являются созданное современное прикладное и системное программное обеспечение, виртуальные модели сложных технических систем, образцы современных суперЭВМ, технологии доступа к ресурсам суперЭВМ.

К настоящему времени мировая практика подтвердила, что использование СКТ – альтернативный путь при проектировании и разработке перспективных образцов технических систем и изделий. Сегодня уровень развития СКТ является важнейшим фактором, определяющим темпы развития и конкурентоспособность высокотехнологичных отраслей промышленности. Использование СКТ не только помогает существенно сократить сроки и стоимость разработки высокотехнологичной продукции, но и дает также возможность производить изделия нового качественного уровня. То есть, использование СКТ является наиболее технологически и экономически эффективным способом повышения конкурентоспособности и улучшения потребительских свойств создаваемой продукции.

К глубокому сожалению, в России государственная поддержка развития СКТ для промышленности, науки и образования до 2009 года фактически сводилась к выделению государственных средств либо на за-





**Рис. 11. Отечественные пакеты программ инженерного анализа ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»**  
**Fig. 11. VNIIEF engineering analysis program packages**

частную сеть РФЯЦ-ВНИИЭФ, построенную на базе отечественного программного комплекса ViPNet Custom.

Вместе с тем, в РФЯЦ-ВНИИЭФ создана линейка компактных суперЭВМ (далее КС-ЭВМ) терафлопсного класса для поэтапного оснащения предприятий и организаций.

Компактные суперЭВМ – это суперкомпьютеры настольного размера, не требующие для своей эксплуатации специальных инженерных сооружений. КС-ЭВМ являются сложным программно-аппаратным комплексом, включающим в себя: вычислительную подсистему, дисковую подсистему, подсистему электропитания, подсистему охлаждения, сервисную подсистему, системное и прикладное программное обеспечение.

Компактная суперЭВМ является уникальной разработкой, по совокупности своих характеристик превосходящей мировые аналоги. Это повседневный инструмент для инженеров и специалистов НИИ и КБ. В настоящий момент линейка компактных суперЭВМ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» включает в себя вычислительные системы производительностью 1, 3 и 5 терафлопс (рис. 9).

Сегодня изготовлено и поставлено на предприятия промышленности и другие организации около 80 КС-ЭВМ (рис. 10).

Развитие линейки компактных суперЭВМ продолжается.

Во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в кооперации с партнерами по проекту созданы базовые версии четырех отечественных пакетов программ имитационного 3D моделирования на суперЭВМ с массовым параллелизмом (рис. 11):

ЛОГОС – для решения трехмерных задач тепломассопереноса, аэро- и гидродинамики на суперЭВМ (в целях проектирования и разработки конкурентоспособной продукции на предприятиях атомной энергетики, в авиационной, автомобильной и ракетно-космической отраслях промышленности).

Основные классы решаемых задач для атомной энергетики – моделирование течения теплоносителя в элементах конструкций ядерных установок.

Зарубежные аналоги ЛОГОСа: STAR-CD (CCM+), CFX, FLUENT.

ЛЭГАК-ДК – для трехмерного комплексного моделирования на суперЭВМ с массовым параллелизмом процессов статической и динамической прочности (для использования на предприятиях авиационной, автомобильной и ракетно-космической отраслей промышленности в целях проектирования и разработки перспективной конкурентоспособной продукции).

Зарубежные аналоги ЛЭГАК-ДК: ANSYS, LS-DYNA, ABAQUS, NASTRAN.

ДАНКО+ГЕПАРД – для трехмерного моделирования на суперЭВМ прочности конструкций при статических и динамических термодинамических нагрузках с учетом больших

пластических деформаций для использования на предприятиях атомной энергетики и нефтегазовой отрасли.

Основные классы решаемых задач в атомной энергетике:

- моделирование проблем безопасности элементов технологического цикла атомных электростанций, таких как динамическая прочность защитных сооружений атомных реакторов в условиях возможных аварий, ударопрочность, герметичность и надежность защитных контейнеров для транспортировки ядерного топлива, прогноз ядерной безопасности при динамическом деформировании тепловыделяющей сборки в результате аварийных падений при внутристанционных работах;

- обоснование ресурса и долговечности элементов конструкции атомного реактора, анализ поведения конструкции при возможных гипотетических авариях в условиях сокращения модельных экспериментов;

- моделирование сопутствующих процессов, вызванных детонацией и горением водородосодержащих смесей. Оценка прочности контейнента при действии реализуемых термодинамических нагрузок.

Зарубежные аналоги ДАНКО+ГЕПАРД: LS-DYNA, ABAQUS.

НИМФА – для трехмерного моделирования на суперЭВМ многокомпонентной многофазной фильтрации.

Основные классы решаемых задач в атомной энергетике:

- расчетное обоснование выбора площадок для АЭС, прогноз последствий штатной эксплуатации и аварийного воздействия предприятий на подземные воды, оценка эффективности мер по предотвращению загрязнения поверхности и подземных вод.

Зарубежные аналоги НИМФы: ModFlow, LEHGC, TOUGH, ECLIPSE, tNavigato, TRACT, Petrel.

Созданные пакеты программ направлены на решение задач инженерного анализа в высокотехнологичных отраслях промышленности. Это на 100% собственная отечественная разработка, консолидирующая знания и опыт ведущих научных школ России. В пакетах программ реализовано более 200 физико-математических моделей и методов (что позволяет по функциональному наполнению охватывать до 70% основных классов задач промышленности, решаемых при помощи программ инженерного анализа), достигнут уровень распараллеливания до 100000 ядер, что позволяет получать ускорение расчетов в десятки тысяч раз. Трудозатраты по созданию пакетов программ составили более 5000 человеко/лет. Этот отечественный инновационный продукт для рынка высоких технологий – первый серьезный шаг на пути обеспечения конкурентоспособности отечественного прикладного программного обеспечения с коммерческими зарубежными продуктами. Созданные пакеты программ прошли процедуру государственной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (ФИПС), а также сертифицированы по системе сертификации ГОСТ.

Справедлив вопрос: «Так ли уж необходима была работа по созданию отечественного программного обеспечения для имитационного моделирования на суперЭВМ в условиях, когда в мире уже созданы такие коды?»

Действительно, в условиях отсутствия до недавнего времени отечественного прикладного программного обеспечения для имитационного моделирования на суперЭВМ большинство отечественных предприятий и

организаций, в том числе и оборонно-промышленного комплекса, при внедрении СКТ применяло зарубежные коммерческие программные пакеты.

С одной стороны, это обеспечивало известную унификацию, создавало благоприятные условия для интеграции отечественных КБ и промышленных предприятий в международные проекты.

Однако, с другой стороны, использование только зарубежных коммерческих программных пакетов как основной компоненты внедряемых в нашей стране СКТ, имело и имеет в настоящее время существенные ограничения. Особенно для ОПК, поскольку может привести к необратимым последствиям для стратегической безопасности страны.

Это объясняется рядом причин.

1. Экспортные законы стран-производителей накладывают ограничения на использование программных продуктов при разработке систем вооружения и других типов продукции. Например, в соответствии с законами США о контроле над экспортом, существуют серьезные запреты и ограничения на поставку отдельных видов программного обеспечения, аппаратных компонентов и оборудования американского производства для его использования в военной, ядерной отраслях и микроэлектронике в ряде стран (включая Россию).

2. Экспортные ограничения на продажу российским компаниями передовых разработок сокращают функциональные возможности импортируемого обеспечения и тем самым возможность его применения при разработках в области критических технологий. Кроме того, применение доступных зарубежных разработок отечественными компаниями сопряжено с большими трудностями вследствие закрытости как аппаратных, так и программных средств. Наконец, использование зарубежного коммерческого программного обеспечения не покрывает потребностей отраслей в связи со слабыми возможностями по адаптации под конкретные задачи предприятий, по эффективному использованию применительно к современным суперЭВМ. В качестве примера можно привести российские предприятия авиационной промышленности, которые вынуждены пользоваться коммерческим программным обеспечением зарубежного производства, имеющим отставание по функциональности от специализированного «внутреннего» кода западных компаний данной ориентации на 5-10 лет.

3. Существует возможность компании-производителя в одностороннем порядке прекратить техническую поддержку и/или выпуск обновленного программного обеспечения.

4. Скрытые и недокументированные возможности программного обеспечения, неконтролируемые пользователями, представляют существенную угрозу информационной безопасности.

5. Помимо информационной безопасности и технологической независимости, важным аспектом является экономический фактор. Затраты на приобретение, внедрение и поддержку программного обеспечения интегрированной информационной поддержки жизненного цикла высокотехнологичной продукции для среднего предприятия ОПК (1000 автоматизированных рабочих мест) составляет за период внедрения 300-500 млн. рублей. В целом, по оценкам специалистов, в России на импорт зарубежных коммерческих программных продуктов тратится несколько миллиардов долларов ежегодно.

Табл. 1

Отрасль	Виртуальная модель	Предприятия-соисполнители	Отработана на:
Авиастроение	«виртуальный самолет (двигатель)»	ОАО «ОКБ Сухого», ОАО НПО «Сатурн», ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», ФГУП «ЦАГИ» и др.	SSJ-100, Су-35, УРБК
Атомная энергетика	«виртуальная АЭС с ВВЭР»	«СПБАЭП», ОАО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ФГУП «НИТИ им. Александрова» и др.	Проекты ЛАЭС-2, АЭС-2006, ВВЭР ТОИ
	«виртуальная корабельная ЯЭУ»	ОАО «ОКБМ Африкантов» и др.	АПЛ проектов «Ясень», «Борей», РУ РИТМ-200 для ледокола нового поколения
Автомобиле-строение	«виртуальный автомобиль»	ОАО «КАМАЗ»	КАМАЗ-5490, КАМАЗ-5308, КАМАЗ-43269
Ракетно-космическая отрасль	«виртуальные модели изделий РКТ»	ФКП «НИЦ РКП», ОАО «КБХА», ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и др.	ЖРД РД0146, РН «Русь-М», «Союз 2-1в»

Вот почему для внедрения СКТ в нашей стране задача создания отечественных пакетов программ была чрезвычайно важной, в том числе и в части снижения импортозависимости при обеспечении информационной поддержки жизненного цикла изделий военного и двойного назначения.

В настоящее время созданные отечественные пакеты программ доступны всем без ограничения российским предприятиям атомной энергетики, ОПК, ЯОК, предприятиям других наукоемких отраслей промышленности, конкурирующим с западными. Появившиеся возможности – важное звено обеспечения технологической независимости и информационной безопасности России в области имитационного моделирования. В наличии имеются все исходные коды, что исключает возможность присутствия в них деструктивных элементов и функций. Допустимо прохождение необходимых аттестационных процедур для подтверждения безопасности пакетов программ для дальнейшего их использования в государственных органах и организациях различного уровня. Разработчиками гарантируется обеспечение технической поддержки, а также модернизация и совершенствование пакетов программ.

Важно отметить, что наряду с созданием усилиями кооперации отечественных пакетов программ инженерного анализа, во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» разработан ключевой компонент современных мощных суперЭВМ – отечественная система межпроцессорных обменов (СМПО) производительностью 80 Гбит/с (дуплекс), по своим характеристикам не имеющая аналогов в РФ и сравнимая с лучшими зарубежными аналогами. Тем самым решена проблема импортозависимости по одному из ключевых компонент суперЭВМ.

Также во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» разработано базовое отечественное системное прикладное программное обеспечение (БСППО) для массового применения на суперЭВМ различного класса (мощные суперЭВМ, суперЭВМ среднего класса, КС-ЭВМ, неоднородные многомашинные комплексы). БСППО установлено и успешно эксплуатируется более чем на 80 суперЭВМ в различных организациях и вычислительных центрах страны. Решением Государственной комиссии БСППО принято как базовое для применения на предприятиях Госкорпорации «Росатом» и других отраслей. Создан единый дистрибутив высокопроизводительных вычислений для массового самостоятельного использования сторонними организациями.

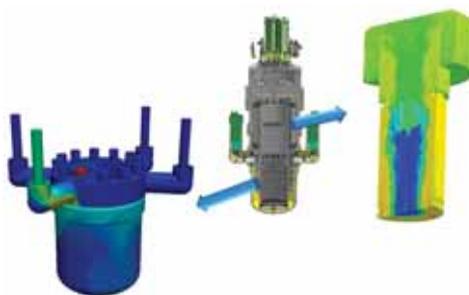


Рис. 12. Турбулентное смешение неизо-термических потоков в напорной и сливной камерах РУ / Fig. 12. Turbulent mixing of non-isothermal flows in the reactor discharge and overflow chambers

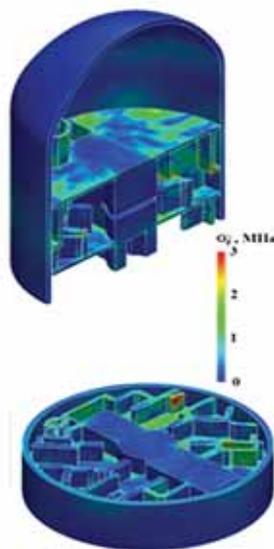


Рис. 13. Численное моделирование контей-ментного помещения АЭС / Fig. 13. Numerical computation of NPP containment building



Рис. 14. Расчет последствий аварии на Балтийской АЭС / Fig. 14. Computation of accident consequences at Baltiyskaya NPP

Совместно с ведущими предприятиями отраслей во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» созданы пилотные версии виртуальных суперкомпьютерных моделей сложных технических систем авиастроения, автомобилестроения, атомной энергетики, ракетно-космической отрасли.

Это стало возможным благодаря использованию созданных пакетов программ инженерного анализа. Использование этих пакетов дало возможность получить новое качество имитационного моделирования сложных технических систем. Созданные пакеты программ явились базовым компонентом при создании ряда виртуальных суперкомпьютерных моделей сложных технических систем атомной энергетики, авиастроения, автомобилестроения, ракетно-космической отрасли, которые к настоящему времени прошли опытную отработку (см. таблицу 1).

Виртуальные модели – это уникальные продукты межотраслевой кооперации, недоступные на рынке. Создание виртуальных моделей обеспечило основу для перехода к качественно новому уровню моделирования масштабных наукоемких задач в рамках создания передовых современных технологий проектирования конкурентоспособных образцов техники. Применение виртуальных моделей позволяет существенно повысить детализацию расчетных моделей и уйти от упрощения постановки для повышения точности и информативности моделирования, что обеспечивает сокращение объема натурных испытаний и возможность отработки технико-конструкторских решений в режиме опережения.

**Примеры решения на суперЭВМ с использованием СКТ практических задач атомной энергетики**

1. В рамках исследования возможностей увеличения ресурса реакторной установки (РУ)

РИТМ-200 ледокола нового поколения за счет оптимизации тепловых нагрузок успешно проведен численный анализ турбулентного смешения неизотермических потоков в напорной и сливной камерах РУ (рис. 12).

Численный анализ проводили специалисты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» и ОАО «ОКБМ «Африкантов». Расчетная сетка содержала 40 миллионов счетных точек. При осуществлении расчета на 100 процессорах суперЭВМ для его проведения потребовалось трое суток.

2. С целью закрытия «белых» пятен при проектном обосновании было проведено численное моделирование контейнерного помещения АЭС (рис. 13).

Численное моделирование осуществлялось с помощью пакетов программ ЛОГОС и ДАНКО+ГЕПАРД. В ходе исследования было проведено:

- моделирование работы системы вентиляции;
- определение нагрузок на строительные конструкции, возникающих при горении водородосодержащих смесей, образующихся в помещениях контейнента при тяжелых за-проектных авариях;
- расчетное обоснование надежности со-оружения.

Расчетная сетка содержала 40 миллионов счетных точек.

3. С целью анализа последствий аварии на Балтийской АЭС проведено численное моделирование фильтрации загрязнений в под-земном пространстве после аварии (рис. 14).

Моделирование второй стадии аварии проводилось специалистами ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» с использованием программного комплекса НИМФА.

По итогам численного исследования уста-новлено, что:

- на момент 10000 суток после аварии пятно загрязнения дойдёт до первого водо-носного слоя. Из этого слоя подпитываются поверхностные реки. То есть, можно ожидать, что радиоактивное загрязнение в реках может быть обнаружено не ранее, чем через 10000 суток;
- на момент 30000 суток после аварии загрязнение достигнет второго водоносного слоя, который, как правило, используется для питьевого водоснабжения.

Другими словами, исследование показало весьма высокую защищенность населения района от последствий гипотетической аварии на Балтийской АЭС.

Подводя итоги, можно сказать, что опыт, накопленный ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» по имитационному моделированию и внедрению СКТ в выделенные стратегические отрасли промышленности, может быть напрямую использован для внедрения технологий суперкомпьютерного моделирования и в других высокотехнологичные отрасли промышленности РФ. Например – в ТЭК, ОПК, судостроение и т. д.

Таким образом, успешная реализация целей проекта в 2010-2012 годах обуславливает актуальность дальнейшего развития и массового внедрения отечественных суперкомпьютерных технологий в отечественную промышленность.

Безусловно, дальнейшее внедрение отечественных суперкомпьютерных технологий в промышленность должно проводиться на паритетных началах – как за счет средств отраслей промышленности и их предприятий, так и при мощной финансовой поддержке государства в силу комплексного межотраслевого характера рассматриваемой задачи.

## Supercomputer technology and simulation technique at RFNC-VNIIEF

**V. SOLOVYOV, First Deputy Director, ITMP Director, Doctor of Physics and Mathematics**

**Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics (RFNC-VNIIEF) has been established as a multipurpose research and technical center designed to develop nuclear and thermonuclear weapons. It consists of several field-oriented institutes and scientific centers. Institute of Theoretical and Mathematical Physics (ITMP) is the lead institute of VNIIEF.**

ITMP's key mission is to provide scientific and technical support of the nuclear arsenal. With this goal in view, the Institute performs extensive fundamental and applied research (Fig. 1) in the following fields:

- development and upgrading of nuclear explosives, including formulation of a concept, processing of experimental results and substantiation of parameters;
- design supervision of nuclear explosives at all stages of the life cycle;
- development of symbolic models of processes in nuclear explosives, introduction of mathematical programs for simulation of nuclear weapons operation, substantiation of their properties;
- development of high-performance computers;
- development of nuclear weapons research programs with the use of VNIIEF test units and testing ground, design analysis of experimental results;
- development of special-purpose nuclear power units;
- development of conventional ammunition;
- conducting non-military research in the fields of nuclear engineering, aircraft building, automotive, ecology, oil and gas, works for Roskosmos (aerospace), RZD (railway transportation), etc.

ITMP is the only division of VNIIEF that is engaged in all activities related to nuclear explosives development.

It plays a special role in the development and improvement of nuclear explosives physical diagrams and their theoretical substantiation (Fig. 2).

After the nuclear test moratorium had been introduced and full-scale testing of nuclear explosives had become impossible, VNIIEF introduced a new procedure of nuclear explosives development and upgrading that excludes full-scale tests (Fig. 3).

Fig. 3 shows that full-scale tests are replaced by design analysis of nuclear explosive parameters performed by VNIIEF. But this replacement was not an easy task. ITMP specialists have used the accumulated expertise in the field of math modelling using high-performance computers created by them. The procedure implied massive parallelism of a great number of complicated physical-mathematical and scientific-technical tasks within fundamental and applied research (Fig. 4).

The activity resulted in a modern technology of nuclear explosive development and ammunition reliability substantiation without carrying out full-scale tests (Fig. 5)

A comprehensive approach to the application of supercomputers is used in the technology (Fig. 6).

Having a developed design analysis procedure and experienced team, ITMP has used physical-mathematical and computer technologies for:

- support and analysis of experiments at VNIIEF testing units in order to simulate process in nuclear explosives;
- development of conventional ammunition;
- research in the interests of civil industries.

The key results of the design analysis application are:

- reduction in the number of costly experiments by means of simulations;
- reduced time for a product development.

### Development of Supercomputers and Grid Technologies Project

Development of competitive high-tech industrial systems and products is a science-intensive, long and costly process. In the history of our civilization the traditional approach to development of new systems and products implied thorough experimental processing of new decisions and carrying out full-scale tests. As technical systems and products got more sophisticated (especially in the second half of the 20th century), such approach began to hinder the progress as it implies significant time and high cost of design. Moreover, in some cases full-scale tests are impossible due to technical, financial and other reasons.

Therefore, at the end of the 20th century developed countries offered a new approach to development of competitive hi-tech industrial systems and products. According to it, emphasis is made not on experiments and full-scale tests but on supercomputer technologies of simulation used in the process of design and development of new products.

The supercomputer technology (ST) allows replacement of real products by their virtual analogs with the same design characteristics, while physical processes are described by highly accurate symbolic models. Areal test is replaced by its virtual analog that is less expensive, takes less time but provides more information. Since physical processes that are simulated in the interests of comprehensive description of hi-tech industrial systems are diverse and sophisticated, specialized program packages are required. Only supercomputers and program packages used at dozens and hundreds of thousands of processors help perform simulation with the required level of detail and within appropriate time limit.

Thus, a supercomputer technology is a comprehensive solution that comprises a number of components. Among the most important ones are modern application and systems software, virtual models of sophisticated technical systems,

modern supercomputers, access technologies to supercomputer resources.

It has been proven globally that there is no alternative to supercomputers in development of promising technical systems and products. It is the level of supercomputer technology development that determines pace of development and competitiveness of hi-tech industries. Thanks to supercomputers, it is possible to reduce the time and cost of hi-tech products development and to design products of higher quality. It means that both technically and economically supercomputers are the best way to enhance competitiveness and improve application characteristics of products.

Unfortunately, before 2009 the government support of supercomputer technology development in industry, science and education was only in the form of allocating public funds for «turnkey» purchase of USA-made supercomputers or for purchasing computer components made by American companies in order to build supercomputers in Russia. It was believed that the software – an important component of supercomputer simulation – would be developed at the expense of research centers, academic institutes, universities, design institutes and companies. Due to such approach, by 2009 only laboratory or experimental samples of the application software had been developed. The samples were unalienable, and did not possess the required application properties.

As a result, by 2009, hi-tech industries of Russia were lagging behind the world leaders in the use of supercomputers even in the short-term perspective. There was a real threat of losing competitiveness by Russia's hi-tech industries and their lagging behind the developed countries.

To avoid this, the Concept of Long-Term Social and Economic Development of the Russian Federation Till 2020 set a task to enhance competitiveness of hi-tech sectors including military and industrial complex, fuel and power sector, aviation, aerospace, shipbuilding, automotive and other branches where the sectors' share in the global market should be increased.

The task could not be solved without introduction of supercomputer technology of simulation in the activities of companies.

Since 2010 it is one of the priorities in Russia to develop basic components of supercomputers required for development of promising and competitive products in the companies of hi-tech industries. In 2010-2012 this comprehensive task was solved within the project «Development of Supercomputers and Grid Technologies» (hereinafter – Project) approved by the Presidential Committee for Modernization and Technical Development of Russia's Economy.

The strategic goal of the project is to develop supercomputer technology of simulation that would be used in design and development of competitive products in hi-tech branches and, most importantly, to introduce it in the operation of companies of a wide range of sectors.

The government has taken into consideration that ITMP has a vast experience in development of a new generation of software tools used for numerical simulation of multidimensional problems with application of new and improved symbolic models generated at computers with massive parallelism and in development of modern conventional weapons. As a result, Rosatom Corporation has been assigned as the client state while VNIIEF has been assigned as the main contractor.

The project is implemented by VNIIEF in cooperation with 45 associate contractors. The list

includes top companies of nuclear sector, aircraft industry, automotive industry, aerospace, organizations of the Russian Academy of Sciences, Ministry of Education and Science, IT companies.

The partners focused on the following principal tasks:

- design and development of a basic line of supercomputers (compact supercomputers, medium-powered supercomputers, super-powered computers) and organization of remote calculation on high-performance supercomputers;
- development of basic system and application software for supercomputers;
- working out methods of simulation of sophisticated technical system operation.

The joint efforts of the contractors resulted in the fulfillment of the tasks set for 2010-2012, and the target was beaten for some key indicators. The fact was confirmed by the interdepartmental commission founded at Rosatom. Some supercomputers have been developed by VNIIEF to provide industrial companies with computational resources.

A world-class high-performance computer system was designed, built and commissioned. The system is operated round-the-clock with a 90 percent load (Fig. 7).

A fifth part of the total computational capacity of the supercomputer is allocated for solving tasks of non-military sectors. The capacity is manifold larger than the one that was available to companies previously. Now 48 companies and organizations of hi-tech industries can perform science-intensive remote calculations required for design and development of their products (Fig. 8). The interaction network of Rosatom and other Russian companies with VNIIEF multiple-access computing center (MACC) is a private network of VNIIEF that uses Russia-made VIPNet Custom software.

Besides, VNIIEF has developed a line of compact supercomputers (CSC) of TeraFlop class that will be installed at enterprises and companies in a staged manner.

CSC is a desktop computer that does not need any special engineering structure. It is a sophisticated software and hardware system that comprises a computing subsystem, a disk subsystem, a power supply subsystem, a cooling subsystem, a service subsystem, system and application software.

CSC is a unique product, and due to its parameters it cannot be equaled to anything in the world. For engineers and designers it is a tool of daily application. The line of CSC developed by VNIIEF comprises computing systems with capacity of 1, 3 and 5 Teraflops (Fig. 9).

So far, 80 compact supercomputers have been produced and supplied to industrial companies and organizations (Fig. 10).

VNIIEF proceeds with development of CSC. In cooperation with its partners VNIIEF has developed basic versions of four program packages of 3D simulation using supercomputers with massive parallelism (Fig. 11).

LOGOS – a program package for solving tasks of heat and mass transfer, aerodynamics and hydrodynamics (to design competitive products in nuclear sector, aircraft building, automotive and aerospace industries).

The main tasks in the nuclear sector: modeling coolant flow in the reactor components.

Foreign-made equivalents: STAR-CD (CCM+), CFX, FLUENT.

LEGAК-ДК (ЛЭГАК-ДК) – a program package for complex simulation of static and dynamic strength processes on supercomputers with massive parallelism (in the interest of companies

of aircraft building, automotive and aerospace industries).

Foreign-made equivalents: ANSYS, LS-DYNA, ABAQUS, NASTRAN.

DANKO+GEPARD – a program package for 3D simulation of structure strength at static and dynamic at heat and power load with due account of large plastic flow (for nuclear sector and oil and gas industry).

The main tasks solved in the nuclear sector:

- modelling of safety problems for elements of NPP work cycle such as strength of the reactor protective structures in case of emergency, shock resistance, leak tightness and reliability of containers for nuclear fuel transportation, prognosis of nuclear safety at dynamic strain of the fuel assembly resulting from emergency falls during in-plant works;

- substantiating of service life and durability of the reactor components, analysis of a structure behavior during probable emergencies in the conditions when the number of model experiments is reduced;

- simulation of companion processes resulting from detonation and burning of hydrogen-bearing compounds. Assessment of the containment strength at heat and power load.

Foreign-made equivalents: LS-DYNA, ABAQUS.

NIMPHA – a program package for 3D simulation of multicomponent multiphase filtration.

The main tasks solved in the nuclear sector:

- substantiation of NPP sites selection, prognosis of effects of normal operation and emergency situations of enterprises on groundwater, efficiency assessment of soil and groundwater contamination prevention measures.

Foreign-made equivalents: ModFlow, LEHGC, TOUGH, ECLIPSE, tNavigato, TRACT, Petrel.

The program packages are to be used for solving engineering analysis tasks in the interests of hi-tech industries. It is a hundred percent Russian products that integrates know-how and expertise of the leading scientific schools of Russia. Over 200 symbolic models have been used in the programs (which allows to cover 70 percent of the main task classes of industry solved with the use of engineering analysis programs). The level of paralleling is 100,000 nuclei; it accelerates calculations in dozens of thousands times. Labor cost of the programs development is 5,000 man-year. This innovation product in the hi-tech market is the first step to ensure competitiveness of Russia-made application software. The program packages have been registered by the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trade Marks and have been certified as per GOST certification system.

A fair question arises: «Was it worth to develop new simulation software when such codes are already available in the world?»

It is true that until recently Russian enterprises and organizations including those of the defense industry used foreign-made commercial program packages while introducing CSC.

On the one hand, it provided necessary unification and favorable environment for integration of Russia's design offices in international projects.

On the other hand, the application of foreign-made program packages as the main components of CSC had significant limitations. It was especially true in relation to the defense industry where it could affect the strategic security of the country.

For this, there are the following reasons.

1. Export laws of manufacturing states impose limitations on the use of software in development of weapons and other products. For

Sector	Model	Companies	Trialperformedat
Aircraftindustry	«Virtual aircraft (engine)»	OKBSukhoiJSC., Saturn JSC, TsiAM after P.Baranov, TsAGI, etc.	SSJ-100, Su-35, URBK
Nuclear sector	«Virtual NPP with VVER»	Saint-Petersburg Atomenergoproekt, OKB Hidropress JSC, NITI after Alexandrov, etc.	Projects LAES-2, AES (NPP)-2006, VVER-TOI
	«Virtual nuclear naval propulsion plant»	OKBM Afrikantov, etc.	Yasen, Borei nuclear submarines, RITM-200 reactor plant for a new generation nuclear icebreaker
Automotive	«Virtual automobile»	KAMAZ JSC.	KAMAZ-5490, KAMAZ-5308, KAMAZ-43269
Rocket-and-spaceindustry	«Virtual models of rocket-and-space facilities»	NITs RKP, KBKha JSC, CSKB-Progress, etc.	RDO146 liquid rocket, Rus-M and Soyuz 2-1v carrier rockets

**Table 1. Supercomputer models of sophisticated engineering systems**

example, USA export laws prohibit or restrict supply of some types of software, hardware components and equipment for their use in defense industry, nuclear sector and microelectronics in some countries (including Russia).

2. Restrictions of exporting advanced technologies to Russian companies limit functionality of imported equipment and its use in the field of critical technologies. Additional difficulties in the application of foreign-made equipment by Russian companies are caused by the sensitivity of both hardware and software tools. Moreover, foreign software can only feebly meet the requirements of industries as it is hard to adapt it to specific tasks of enterprises and to the needs of effective application of modern supercomputers. It is seen at the example of Russia's aircraft building enterprises that have to use foreign-made software which is 5 to 10 years behind the specialized internal code of Western companies in terms of functionality.

3. It is always possible that the manufacturing company would unilaterally terminate technical support and/or manufacture of modernized software.

4. Software concealed and undocumented features that are not controlled by users are a threat to information security.

5. To information security and technical independence an economic factor can be added. At a medium-sized defense industry enterprise (1,000 automation-equipped working places) the cost of purchasing, introducing and support of software for the information support of the life cycle of hi-tech products amounts to 300-500 million rubles. According to experts, Russia annually pays several billion dollars in total for imported foreign-made software.

For these reasons, development of Russia-made program packages was essential for introduction of CSC and for reducing dependence on imported software necessary to support the life cycle of products of military and dual purposes.

Now Russia-made program packages are available to all enterprises of the nuclear sector, defense industry, nuclear weapons complex and other science-intensive industries that compete with Western countries. The available possibilities raise significantly the level of technical independence and information security of Russia in the field of simulation modelling. All initial codes are available and clear from any destructive elements and functions. It is acceptable to attest program packages to confirm the possibility of their application at state agencies and organizations. Developers guarantee technical support as well as upgrade and improvement of program packages.

It should be noted that VNIIEF not only developed engineering analysis programs but also has created the key component of supercomputers. It is an inter-processor exchange system with capacity of 80 Gbps that has no equivalents in Russia and is superior to its foreign-made equivalents. It means that the problem of import independence has been solved, at least as far as this SC key component is concerned.

VNIIEF has also developed system application software (SAS) to be used with various types of supercomputers (high-capacity SC, medium class SC, compact SC, multivendor machine complex). SAS has been installed on more than 80 supercomputers at various organizations and computer service bureaus of Russia. By the decision of the State Committee SAS has been approved as the basic software to be used by Rosatom Corporation and other branches. A single distribution package has been developed to be used by outside agencies.

In cooperation with the top companies, VNIIEF has developed pilot versions of virtual supercomputer models of sophisticated engineering systems to be used in aircraft industry, automotive, nuclear sector, aerospace industry.

This became possible due to the use of the engineering analysis program packages. They helped obtain better quality of sophisticated engineering systemsimulation, and serve as the basic element of supercomputer simulations of sophisticated engineering systems designed for nuclear sector, aircraft industry, automotive industry, rocket-and-space industry. Trial of the packages has been performed (see Table 1).

Virtual models are unique products of intersectoral cooperation that are not available in the market. They serve as the basis for transition to a higher quality level of simulation of large-scale science-intensive tasks solved while developing advanced technologies of designing competitive products. They help boost refinement of computational models, avoid simplification of tasks, increase accuracy and information value of simulation and thus reduce the number of full-scale tests and perform trials of design decisions ahead of schedule.

Examples of using supercomputer simulation technologies in nuclear sector

1. Numerical computation of turbulent mixing of non-isothermal flows in discharge and overflow chambers of the reactor plant (Fig. 12).

Numerical computation has been performed by specialists of VNIIEF and OKBM Afrikantov. The computational grid contained 40 million

calculation points. It took three days and 100 supercomputer processors to make the computation.

2. Numerical computation of NPP containment buildinghas been made to remove the «blind-spots» in the project substantiation (Fig. 13).

Numerical computation has been performed with the use of LOGOS and DANKO+GEPARD program packages. The study included:

- simulation of the ventilation system operation;
- computation of construction load during hydrogen-bearing mixture burning in the containment building after severe off-design accidents;
- design substantiation of a structure reliability.

The computational grid contained 40 million calculation points.

3. To predict accident consequences at Baltiyskaya NPP numerical computation of contaminant infiltration in the underground space after an accident has been performed (Fig. 14).

Simulation of the second stage of the accident was done by VNIIEF specialists with the use of NIMFA program package.

The computation showed that:

- 10,000 days after an accident contaminant reaches the first water-bearing bed that feeds the ground rivers. It means that radioactive contamination is expected to be detected not earlier than 10,000 days after the accident.
- 30,000 days after the accident contaminant reaches the second water-bearing bed that is used as drinking water source.

Thus, the study has proved that the population is well protected against accident consequences at Baltiyskaya NPP.

In conclusion, VNIIEF experience in computer simulation and supercomputer technology introduction in strategic sectors can be used in other hi-tech industries of Russia, for example, in fuel and energy complex, defense industry, shipbuilding, etc.

Thus, the project successful implementation in 2010-2012 proved the importance of further development and massive introduction of supercomputer technologies in Russia's industry.

Undoubtedly, introduction of supercomputer technologies must be a priority and should be financed by industries and enterprises and supported financially by the state, as the task is of inter-sectoral nature.

# Система радиочастотной идентификации персонала

**И.Д. УВАРОВ, начальник управления информационных проектов развития ОАО «НИАЭП»**

В 2011 году руководство ОАО «НИАЭП» приняло решение о реализации проекта учета фактического рабочего времени сотрудников подрядных организаций на строительной площадке Ростовской АЭС. Проект стал называться «Система радиочастотной идентификации персонала».

Эта система основана на методе, использующем RFID-технологии или, что то же, – радиочастотную идентификацию. Это метод автоматической идентификации объектов, оснащенных RFID-метками, с которых посредством радиосигналов считываются необходимые данные.

В настоящее время технология RFID развивается очень быстрыми темпами. За последнее время ее эффективность значительно выросла. Особо стоит отметить увеличение диапазона действия систем RFID и совершенствование процесса считывания информации одновременно с большого количества меток, за счет чего технология стала более простой и легкой во внедрении.

По типу источника питания все RFID-метки делятся на пассивные и активные.

Пассивные RFID-метки не имеют источника питания. Они передают информацию только при достаточном приближении к считывателю. В принципе, известно оборудование, обеспечивающее считывание меток на расстояниях до 20 метров, что обеспечивается оптимальным расположением антенн, их чувствительностью, мощностью считывателя. Но, безусловно, данное расстояние сокращается при возникновении помех или повороте антенн.

Что касается эксплуатации, пассивные метки используются в системах контроля доступа, пластиковых картах покупателей, в библиотеках – маркировка книг, на складах – маркировка продукции и ячеек, контроль за правильностью расположения товара в требуемых ячейках, для маркировки документов в делопроизводстве и при построении архивов.

Что касается применения активных RFID-технологий с использованием технологий WiFi, ZigBee, то их применение известно в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. Они очень широко распространены за рубежом, например:

- в больницах – для отслеживания нахождения медицинского оборудования, персонала, обеспечение вызова персонала к больному;

- в крупных торговых сетях – для анализа поведения покупателей (перемещение, пути следования) и оптимизации размещения товаров.

Другие системы на активных метках используются для слежения за перемещением транспорта на складах, парковках, как закрытых, так и открытых; в офисных зданиях – для отслеживания перемещения оборудования,

контроля за нахождением персонала в рабочих зонах.

Беспроводные активные метки используются также при сборе данных в агрессивных средах/при высоких температурах (например: контроль влажности, давления, температуры в закрытом металлическом контейнере).

Дальность считывания таких RFID-систем может достигать до 150 м.

Остановимся подробнее на применении RFID-технологий для систем учета персонала.

За последние годы системы контроля и управления доступом (СКУД) на базе технологии радиочастотной идентификации (RFID) получили широкое распространение, поскольку при минимальных затратах позволяют практически полностью автоматизировать контроль доступа сотрудников на территорию предприятия. Имеющиеся системы, использующие в качестве идентификаторов бесконтактные RFID-карты, часто решают задачи по контролю рабочего времени сотрудников, однако функциональные возможности большинства установленных систем не удовлетворяют запросам современного менеджмента. Существующие системы контроля доступа решают задачу учета рабочего времени лишь косвенным образом, а решение задачи непосредственно мониторинга перемещения персонала делает и вовсе трудно реализуемой, так как контроль осуществляется, как правило, на одной или нескольких точках контроля. Используемое оборудование не позволяет осуществлять идентификацию с расстояния более 10 см. Построение функциональных систем на базе такого оборудования возможно, но их конфигурация будет весьма громоздкой, а внедрение малоэффективно, так как ввиду низкой дальности считывания часть своего рабочего времени персонал будет тратить на взаимодействие с системой.

Решение задачи контроля рабочего времени и мониторинга перемещения персонала заключается в использовании современных систем идентификации, позволяющих осуществлять распознавание объектов на расстоянии до 100 метров и без участия человека. Использование такого оборудования позволяет контролировать нахождение сотрудников в различных помещениях или в различных подразделениях компании, при этом система не потребует дополнительных действий со стороны сотрудников. Идентификаторы могут быть выполнены в виде простых бейджей, браслетов или брелоков.

Переходя к реализованной в ВФ ОАО «НИАЭП» системе радиочастотной идентификации персонала, основанной на технологии ZigBee/WiFi, можно сказать, что это не совсем RFID-метки, т. к. RFID-метки – это «широковещательные» устройства, имеющие главной целью выдачу информации о своем номере считывателю.

Технология ZigBee/WiFi – это скорее не метки, а «умное» оборудование, построенное на микроконтроллерах/микропроцессорах, которое может не только передавать свой идентификационный номер и сохраненную в метке информацию, но и делать некую обработку данных и принимать решение, когда и кому передавать данные, а также может само их принимать и обрабатывать.

Именно такая система и реализована на строительной площадке Ростовской АЭС и выполняет функции контроля рабочего времени и мониторинга перемещения персонала.

Система учета персонала реализована на части территории строительной площадки защищенного периметра. Территория площадки разделена на 7 зон, на которых работают 9 подрядных организаций. Количество от-

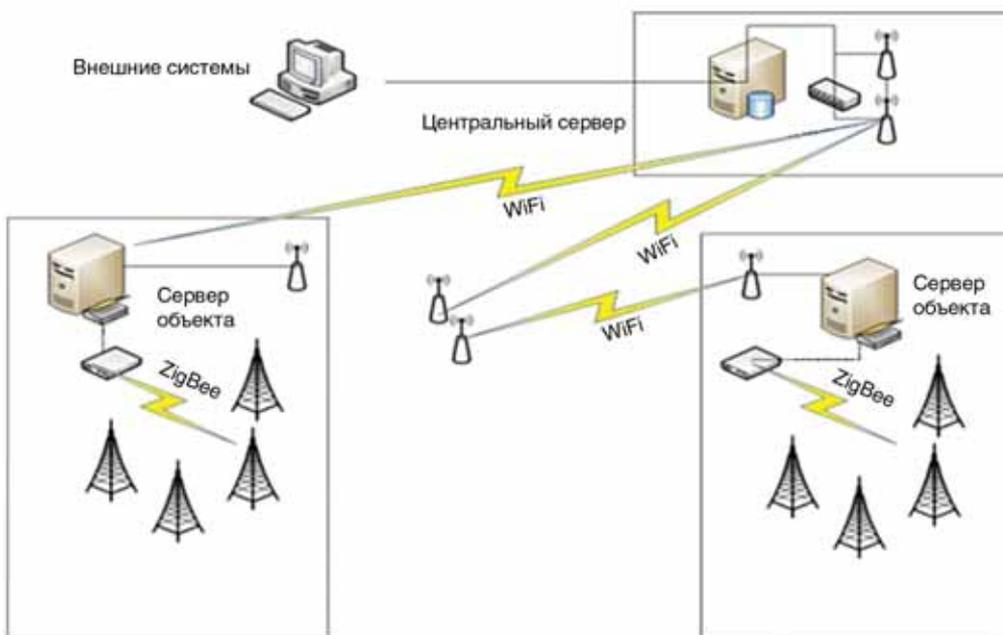


Рис. 1. Схема взаимодействия системы

слеживаемого персонала определено в 1400 человек. Зоны мониторинга могут быть как открытыми, так и находиться в помещениях. Схема взаимодействия системы основана на технологиях ZigBee и WiFi (рис. 1).

Основу системы составляют два вида датчиков: мобильные и стационарные.

Мобильные датчики – это активные RFID-метки с независимым источником питания. Мобильные датчики крепятся на защитных касках работников организаций. Стационарные датчики – на специальных мачтах, установленных внутри зон мониторинга. Мобильные датчики посылают импульсы с заданной периодичностью, а стационарные принимают их и передают для обработки на сервера объектов. Процесс передачи импульса основан на беспроводной технологии – ZigBee. Передачу информации от серверов объектов на центральный сервер обеспечивает транспортная сеть Wi-Fi.

Остановимся более подробно на детальной реализации системы на объекте.

Основными элементами системы являются:

- мобильная метка
- стационарный модуль
- сервер сбора данных объекта
- центральный сервер сбора и обработки данных.

**Мобильная метка** – это радиопередающее устройство с микроконтроллером и элементом питания, основанное на протоколе приема и передачи данных ZigBee. Датчик-метка размещается на контролируемом объекте, в данном случае установлена на строительную каску сотрудника контролируемой организации. Конструктивно она выполнена в корпусе сложной формы из ударопрочного поликарбоната (рис. 2). В этом же корпусе находится и источник питания. В базовой комплектации источник питания выполнен на специальной плате и содержит 2 литиевых элемента.

**Стационарный модуль** – радиоприемное и радиопередающее устройство с микроконтроллером и блоком питания.



Рис. 2. Крепление мобильной метки на каске

Оборудование функционально обеспечивает:

- контроль работоспособности датчиков;
- определение состояния элемента (или сети) питания и диагностику собственной аппаратуры;
- формирование и передачу информационных сообщений;
- двухстороннюю связь между меткой и базовой станцией.

**Сервер сбора данных объекта.** Комплекс сбора данных устанавливается на каждом объекте мониторинга и представляет собой автономный фрагмент сети ZigBee со специальным программным обеспечением. Сервер сбора данных обеспечивает обмен данными с сетью ZigBee объекта через установленные шлюзы, а также обмен данными с центральным сервером через беспроводное Wi-Fi соединение или проводное соединение Ethernet.

**Центральный сервер сбора и обработки данных** устанавливается в центральном сегменте сети и обеспечивает сбор и обмен данными между серверами объектов, формирование отчетов и обмен данными с внешними системами. Комплектация Центрального сервера сбора и обработки данных объекта представлена на рис.6.

Если перейти к реализации программного обеспечения серверного оборудования, можно увидеть, как отображается на экране монитора реальная картина присутствия персонала на объекте (рис. 3).

Также система позволяет выдавать отчеты в разрезе организации и самого работника с указанием его личных данных (фамилия, имя, отчество), должности, привязки к подрядной организации и времени нахождения на объекте.

Система в реальном времени позволяет получать:

- информацию о численности персонала на объектах;
- список сотрудников, которые находятся на выбранном объекте;
- отчеты о фактическом времени работы на объекте каждого сотрудника.

Технические возможности Системы:

- информация в реальном времени поступает и накапливается на центральном сервере, расположенном в сети НИАЭП;
- доступ пользователей к информации возможен с любого компьютера, подключенного к Интернет;
- каждый пользователь имеет индивидуальный логин и пароль;
- количество пользователей не ограничено.

Дополнительные возможности системы – это использование датчиков контроля движения в касках. Применение данного функционала позволяет определить фактическое время работы сотрудника в течение рабочей смены.

Эффект от применения системы:

- максимальный контроль за процессом организации работ на объекте;
- повышение трудовой дисциплины;
- прозрачность взаимоотношений заказчика с генподрядчиком, сокращение неэффективных затрат.

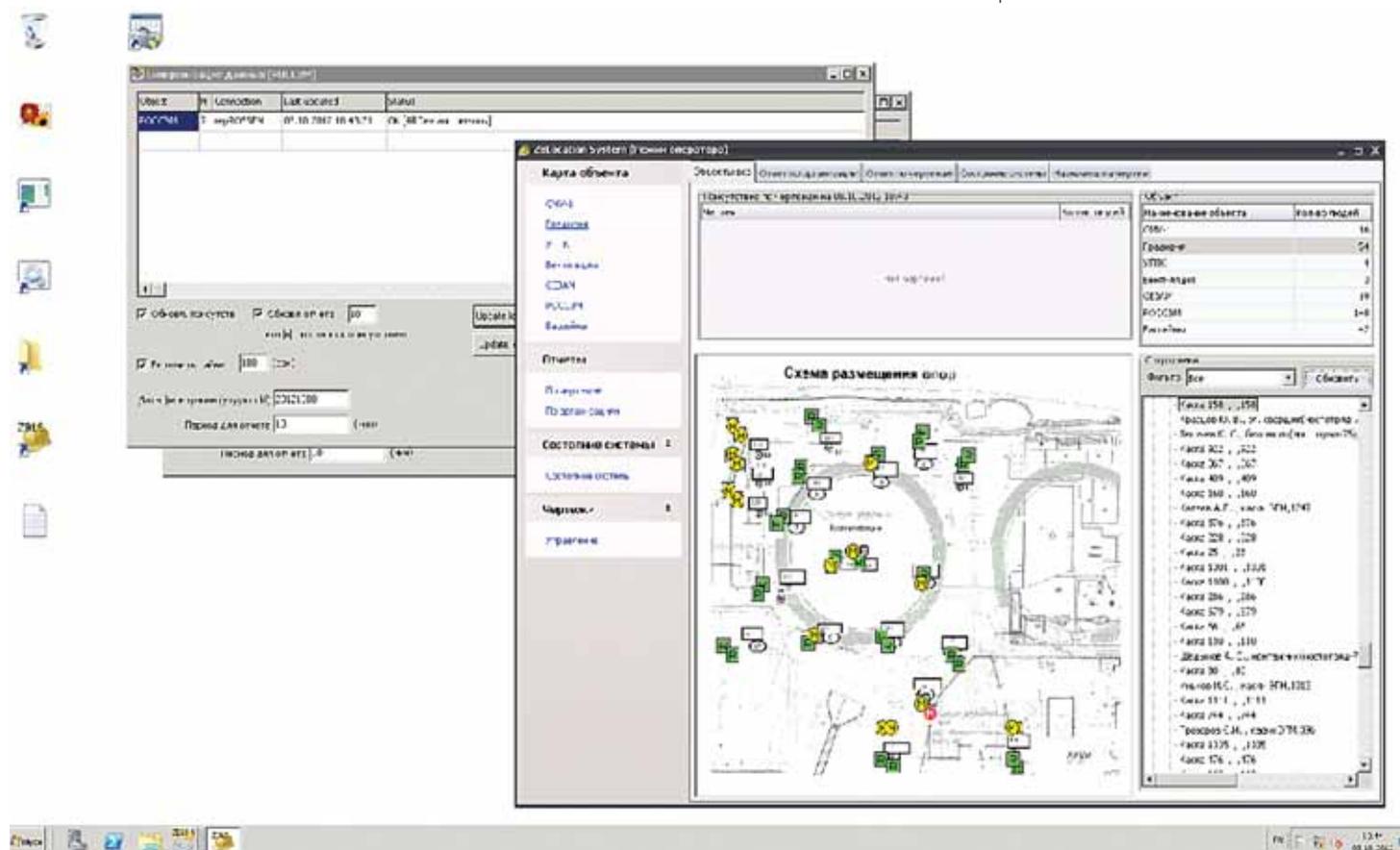


Рис. 3. Пример отображения размещения персонала на объекте



НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
**«НИЖЕГОРОДСКИЙ ДЕЛОВОЙ ЦЕНТР  
 АТОМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»**  
 (НП «НДЦ АТОММАШ»)

603006, Россия, г. Нижний Новгород, пл. Свободы, д. 3  
 Тел./факс: +7 (831) 412 99 88  
 npatommash@mail.ru, www.npatommash.ru

**НП «НДЦ Атоммаш» – общественная некоммерческая организация, созданная для поддержки предприятий атомного энергетического машиностроения.**

Члены НП «НДЦ Атоммаш» – Российские и зарубежные предприятия и организации, производители и поставщики продукции и услуг для Российского атомного проекта.

**Основные направления деятельности:**

- Продвижение продукции своих членов на российские и зарубежные рынки продукции и услуг для АЭС;
- Участие в международной кооперации, в т.ч. Чехия, Китай, Южная Корея, Италия, Испания, Германия, Франция, Вьетнам, Белоруссия и другие страны.
- Организация и проведение конференций, презентаций, выставок, ярмарок в России и за рубежом, в т.ч. уникальные проекты: Международный научно-промышленный форум «Ярмарка атомного машиностроения», Международный научно-практический форум «Интеллектуальное проектирование. Управление жизненным циклом сложных инженерных объектов»;
- Рекламно-издательская деятельность, в т.ч. журнал «Атомный проект»;
- Организация и проведение технических совещаний с участием ведущих специалистов атомной отрасли по вопросам применения продукции предприятий-изготовителей в проектах АЭС по Российскому дизайну;
- Выполнение специальных проектов на основе договоров с Заказчиками, в т.ч. на основе договора с ОАО «НИАЭП» – проект по подготовке и обработке информации о продукции зарубежных производителей для включения ее в «Единый номенклатурный отраслевой каталог оборудования для АЭС».

NON-PROFIT PARTNERSHIP  
**«NIZHNIY NOVGOROD NUCLEAR  
 ENGINEERING BUSINESS CENTER»**  
 (NP «NBC ATOMMASH»)

Russia, 603006, Nizhny Novgorod, Svobody Sq., 3  
 Tel./fax: +7 (831) 412 99 88  
 npatommash@mail.ru, www.npatommash.ru

**NP «NBC Atommash» – a public nonprofit organization created to support the enterprises of nuclear power engineering.**

The members of the NP «NBC Atommash» – Russian and foreign enterprises and organizations, manufacturers and suppliers of products and services for the Russian nuclear project.

**Main activities:**

- Promotion of its members' products on Russian and foreign markets of products and services for nuclear power plants;
- International cooperation with Czech Republic, China, South Korea, Italy, Spain, Germany, France, Vietnam, Belarus and other countries;
- Organization of conferences, presentations, exhibitions, fairs in Russia and abroad, including the unique projects: International Scientific & Industrial Forum «Nuclear Machine-building Fair», International Research and Practice Forum «Smart Engineering Design. Complex Product Life Cycle Management»;
- Advertising and publishing activities, including publishing of the «Nuclear Project» journal;
- Organization of technical meetings with the participation of nuclear industry leading specialists in order to discuss the application of members' products in the projects using the Russian NPP design;
- Performing special projects on the basis of contracts with customers, including (through a contract with JSC «NIAEP») – a project for the preparation and processing of information about the products of foreign manufacturers for including it into the «Unified industry nomenclature catalogue of equipment for nuclear power plants».



# Алгоритм определения качества стали в резервуарах, отработавших нормативный срок, с применением современного диагностического оборудования

**А.А. ЛАПШИН, А.И. КОЛЕСОВ,  
В.М. ШИЛИН, И.А. ЯМБАЕВ**

**В настоящее время резервуарный парк для хранения нефтепродуктов, отработавших нормативный ресурс, находится в стадии физического износа, что обусловлено старением используемых для хранения нефти и нефтепродуктов резервуаров. Поэтому выявление фактического резерва работоспособности таких конструкций при обеспечении их дальнейшей безопасной эксплуатации является актуальной задачей. Основным решением поставленной задачи является регулярное проведение частичной или комплексной диагностики квалифицированными специалистами с применением современных методов контроля, своевременное выполнение ремонтно-восстановительных работ и соблюдение регламента обслуживания резервуаров. Все эти этапы направлены на снижение риска аварийности эксплуатируемых резервуарных конструкций.**

К началу 1995 г. специалистами ЦНИИПСК закончено исследование отказов и аварий стальных резервуаров по материалам отечественных и зарубежных публикаций и архивным данным института [1]. Проведенным анализом охвачено 65 локальных и общих разрушений, случившихся за последние 60 лет с сосудами вместимостью 500 м<sup>3</sup> и более по таким наиболее распространенным типам сооружений, как резервуары для нефти и нефтепродуктов, газгольдеры, изотермические резервуары, резервуары для холодной и горячей воды. Также исследованы причины и характер разрушения резервуаров. При этом выявлено, что аварии происходили прежде всего из-за хрупкого разрушения (41 случай; 63,1% аварий), а также взрывов и пожаров (8 случаев; 12,3% аварий). Хрупкое разрушение инициировалось дефектами конструкций (9 случаев; 22%), низким качеством материалов (13 случаев; 31,7%), местной потерей устойчивости с развитием пластических деформаций (3 случая; 7,3%) и дефектами сварки (16 случаев; 39%).

Таким образом, в большинстве случаев аварии происходили из-за несоответствия качества используемого в резервуарных конструкциях металла требованиям эксплуатации, из-за дефектов сварных швов, допущенных в процессе изготовления конструкций, а также повреждений, появившихся в процессе их работы.

В существующей нормативно-технической документации на устройства вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов [2] выбор марки стали для основных элементов конструкций производится с учетом требуемых класса прочности по

гарантированному минимальному пределу текучести, ударной вязкости и толщины используемого проката. При этом величина ударной вязкости стали должна быть не ниже 30 Дж/см<sup>2</sup>. В этом случае следует отметить, что данные требования регламентируют применение стали для изготовления новых резервуаров. Между тем, в существующей нормативной литературе по диагностике резервуарных конструкций, в том числе эксплуатируемых сверх нормативного срока, не оговорены минимально допустимые характеристики используемого материала в диапазоне заданных условий эксплуатации (вид хранимого продукта, температура окружающей среды, наличие теплоизоляционного слоя и т. д.), хотя в большинстве случаев они не удовлетворяют требованиям современных норм для вновь проектируемых конструкций.

В действующих нормативных документах, определяющих правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции резервуаров [3], при диагностике допускается применение разных методов, в том числе ориентированных на: определение механических свойств металла и сварных соединений резервуара на вырезанных из конструкции пробах, оценку склонности металла и сварных соединений к хрупким разрушениям, оценку свойств стали и соединений на базе металлографических исследований микропроб, взятых из конструктивных элементов резервуара. При этом порядок вырезки образцов для проведения отдельных исследований рекомендуется применять в соответствии с требованиями п. 2.6 [2], которым регламентируется отбор образцов из партии листового проката, предназначенного для строительства новых резервуаров. Таким образом, в настоящее время, несмотря на нормативно закрепленные требования по оценке качества стали в резервуарных конструкциях, отсутствует практический алгоритм проведения комплекса диагностических работ, позволяющий объективно оценить физико-механические свойства конструктивных материалов с учетом накопленных повреждений и структурной неоднородности.

Ниже приведен разработанный специалистами ННГАСУ алгоритм оценки качества стали резервуаров, находящихся в эксплуатации сверх нормативного срока, основанный на определении участков с наибольшей структурной неоднородностью, для отбора образцов и проб с целью определения наиболее низких физико-механических характеристик и химического состава металла. Алгоритм апробирован на клепаном резервуаре объемом 5000 м<sup>3</sup>, металл которого имеет структурную неоднородность, исходя из существующей в тот период технологии выплавки и прокатки. Резервуар изготовлен в 1895 г. и входит в состав резервуарного парка в п. Липня Навашинского района Нижегородской области.

Одной из особенностей применения сталей конца 19-го века является использование в большинстве случаев в качестве конструкционного материала сварочного (кованого) железа, получаемого переработкой чугуна-сырца пудлинговым способом. При этом процесс пудлингования позволял выжигать углерод из расплавленного чугуна и в течение 1,5-2 ч при непрерывном перемешивании плавки получать крицы сварочного железа в виде губчатой массы металла, пропитанной шлаками. Такой исходный материал требовал дальнейшей проковки паровыми молотами (это позволяло удалять шлаковые включения) и прокатки между валками. Исходя из такой технологии изготовления металла, его структура не может считаться достаточно однородной и не соответствует требованиям современных норм к конструкционным материалам для особо опасных производственных объектов, к которым также следует отнести и резервуары для нефти и нефтепродуктов.

Основной причиной проведения диагностики резервуара явилась необходимость оценки технического состояния резервуара с целью введения его в эксплуатацию после продолжительного останова, а также для определения вида и условий хранения нефтепродуктов. Диагностические работы включали в себя оценку геометрии резервуара, его положение в пространстве (отклонение образующих стенки от вертикали), технического состояния заклепок и материала вокруг них на предмет образования трещин, толщинометрию стенки по поясам с целью выявления коррозионного износа, исследование качества конструктивных материалов, а также выполнение проверочных расчетов. Принимая во внимание год постройки диагностируемого резервуара и технологию изготовления его конструктивных материалов, особое место при проведении работ было отведено всесторонней оценке качества используемой стали. При этом использованы как приборные, так и лабораторные средства диагностики и анализа. Работы по исследованию качества материала выполнены в несколько этапов:

1. выявление участков структурной неоднородности металла поясов стенки методом остаточной магнитной памяти металла как экспресс-методом;

2. проведение на выявленных участках структурной неоднородности ультразвуковой толщинометрии методом непрерывного сканирования в автоматическом режиме работы прибора;

3. металлографические исследования образцов стали;

4. лабораторные исследования химического состава образцов стали на выявленных по структурной неоднородности участках стенки;



Рис. 1. Участки сканирования поверхности металла обечаек №№ 2 и 3

5. лабораторные испытания образцов стали с целью определения фактических физико-механических характеристик.

#### Экспресс-контроль качества металла поясных листов методом остаточной магнитной памяти

С целью определения наиболее неоднородных по структуре металла листов проведена диагностика отдельных обечаек корпуса методом магнитной памяти металла с применением прибора ИКН-1М-4. Основной подход по определению возможных дефектов и несплошностей основан на фиксации зон концентраций напряжений на участках структурного изменения материала. Основная идея этого метода заключается в определении изменения собственного магнитного поля стали на участках структурных изменений относительно магнитного поля Земли [4].

На наличие зон концентраций напряжений, а следовательно, внутренних дефектов и несплошностей показывают:

1. изменение знака графика распределения нормальной составляющей магнитного поля  $H_r$  при пересечении нулевой линии;

2. изменение интенсивности нормальной составляющей поля  $H_r$  ( $\frac{dH_r}{dx}$ ) вдоль линии сканирования на поверхности контролируемого объекта.

На рис. 1 приведены выборочно участки сканирования двух обечаек (№№ 2 и 3) 1-го пояса стенки резервуара трехканальным фер-

розондовым преобразователем. Распределение и градиент нормальной составляющей для указанных участков сканирования приведены на рис. 2-5 для 3-го канала измерений. По остальным каналам картина распределения нормальной составляющей магнитного поля  $H_r$  является аналогичной представленным на рис. 2-5.

Анализ представленных выше магнитограмм показывает наличие зон концентрации напряжений, связанных с вероятной структурной неоднородностью конструкционного материала при отсутствии на поверхности листов внешних концентраторов и повреждений. Также следует отметить, что представленные на рис. 2-5 распределения нормальных составляющих магнитного поля рассеяния неодинаковы не только для разных обечаек, но и в пределах одной. При этом для отдельных обечаек 1-го пояса (обечайки №№ 6, 7, 8, 10, 11) наличие зон концентраций напряжений в виде изменения знака составляющей магнитного поля и его градиента не установлено. Это может гарантировать более высокое качество конструкционного материала на этих участках стенки.

Особенности технологии изготовления сварочного железа позволяют с достаточной степенью вероятности определить основные факторы, определяющие неоднородную структуру такого металла, а именно: наличие внутренних неметаллических включений, пор, а также возможные расслоения материала по

его толщине. С целью определения вероятного расслоения металла и наличия внутренних неметаллических включений на участках установленных зон концентрации напряжений выполнена ультразвуковая толщинометрия.

#### Ультразвуковая толщинометрия методом непрерывного сканирования

Ультразвуковая толщинометрия выполнена в режиме автоматического непрерывного сканирования с применением ультразвуковой измерительной установки «СКАНЕР». При этом измерение толщины на участке сканирования выполнялось одновременно четырьмя датчиками акустического блока измерительной установки, которые координатно привязаны к установленным ранее зонам концентраций напряжений. Результаты проведенной толщинометрии для этих зон металла обечаек №№ 2 и 3 приведены в виде дефектограмм на рис. 6, 7. При этом толщинометрия стенки обечайки № 2 выполнена в средней части поясного листа (см. магнитограмму на рис. 3), обечайки № 3 – в крайней части поясного листа (см. магнитограмму на рис. 5).

Анализ результатов ультразвуковой толщинометрии показал, что металл стенки имеет незначительный поверхностный коррозионный износ, не превышающий 3,1% от первоначальной толщины (минимальная толщина стенки 1-го пояса – 11,53 мм, проектная – 11,9 мм). Таким образом, средняя скорость коррозии за период эксплуатации составила не более 0,0034 мм/год. Однако следует отметить, что в отдельных случаях имели место значительные отклонения в толщинах стенки в пределах длины сканируемой зоны, что свидетельствует о возможных расслоениях металла на этих участках или наличии неметаллических включений (пор, раковин). Анализ результатов диагностики качества металла методом

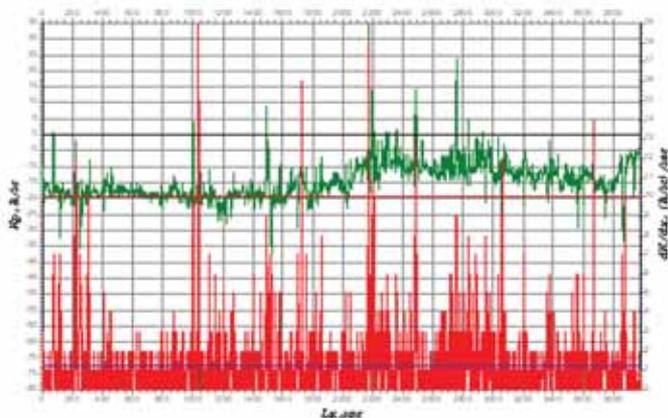


Рис. 2. Распределение нормальной составляющей магнитного поля рассеяния и его градиент для 1-го участка сканирования

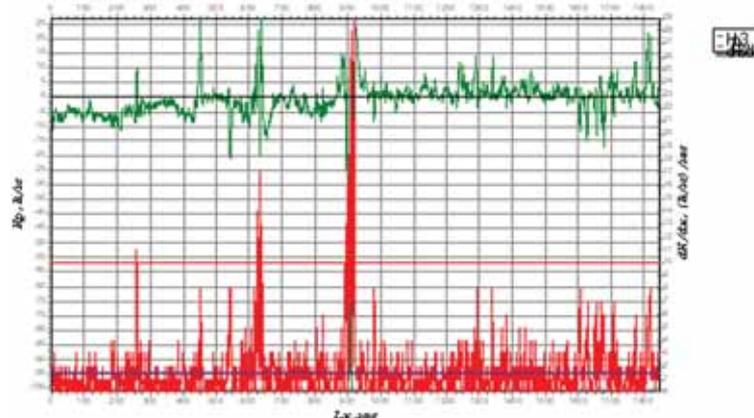


Рис. 3. Распределение нормальной составляющей магнитного поля рассеяния и его градиент для 2-го участка сканирования

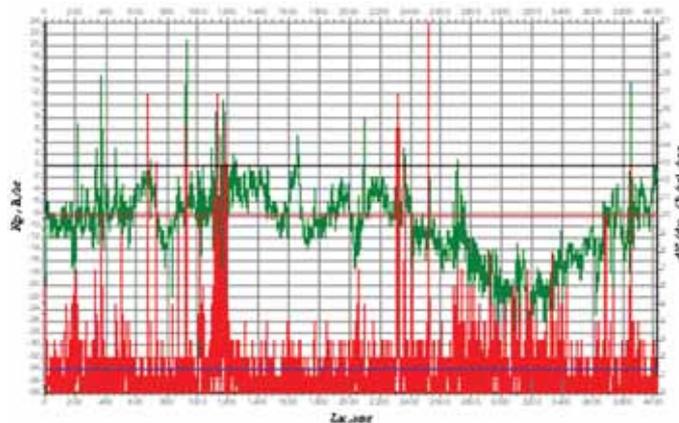


Рис. 4. Распределение нормальной составляющей магнитного поля рассеяния и его градиент для 3-го участка сканирования

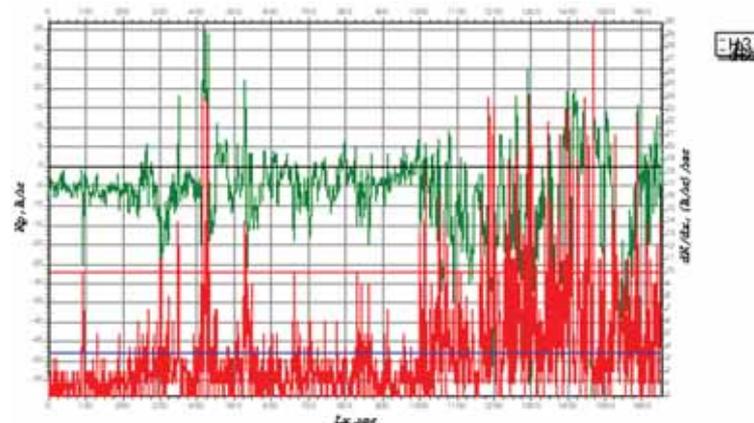


Рис. 5. Распределение нормальной составляющей магнитного поля рассеяния и его градиент для 4-го участка сканирования

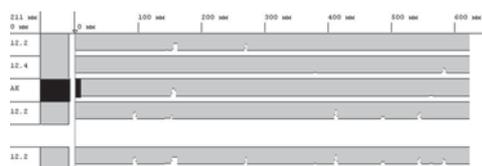


Рис. 6. Дефектограмма по результатам ультразвуковой толщинометрии средней части обечайки № 2

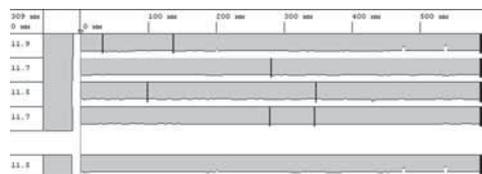


Рис. 7. Дефектограмма по результатам ультразвуковой толщинометрии крайней части обечайки № 3

остаточной магнитной памяти металла и проведенной на этих же участках ультразвуковой толщинометрии показал на их соответствие. При этом на участках в зонах концентраций напряжений, установленных экспресс-методом, имело место изменение толщины стенки до границы сред с различными акустическими свойствами. С целью определения фактической структуры металла, а также типа и характера развития несплошностей выполнены металлографические исследования образцов стали из диагностируемых участков стенки резервуара.

**Металлографические исследования образцов стали**

Металлографические исследования образцов листовой стали включали в себя исследование микроструктуры и макроscopicкие исследования.

Исследование микроструктуры стали выполнено на протравленном в 5% растворе азотной кислоты микрошлифе. Выявленная микроструктура характерна для малоуглеродистой стали с незначительным количеством зерен перлита (рис. 8). При этом основную площадь занимает феррит. Сравнение микроструктуры с эталонными микроструктурами стали по ГОСТ 8233 показало, что соотношение перлита и феррита составляет 10:90. Это позволило сделать вывод о содержании углерода в стали в пределах 0,08% ( $C = 0,8 \times 10 / 100$ ). Также установлено, что сталь имеет четко выраженное слоистое строение с неравно-

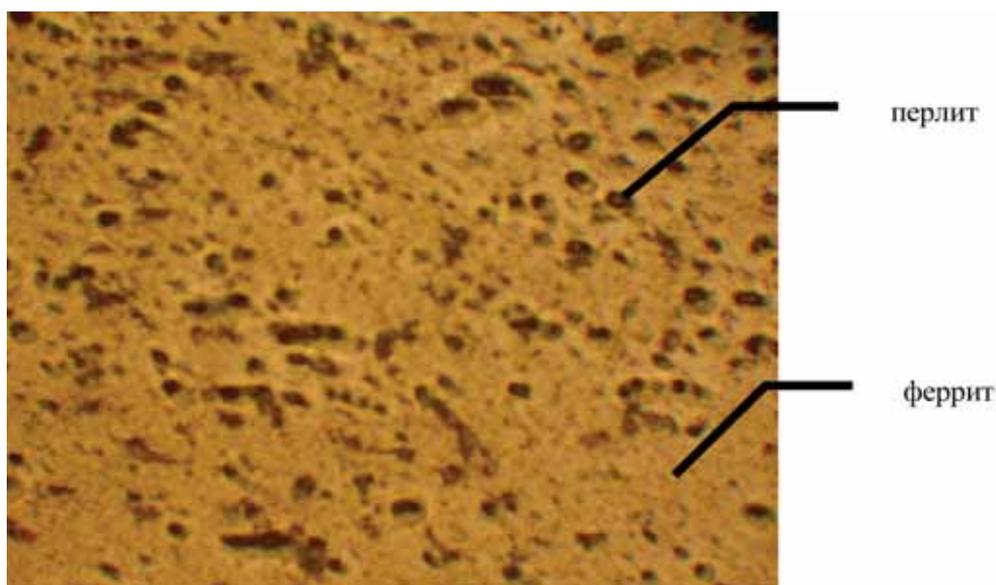


Рис. 8. Микроструктура стали (зерна перлита и феррит)

мерной толщиной слоев, изменяющейся от долей миллиметра до 3-4 мм, по границам слоев располагаются цепочки неметаллических включений (рис. 9).

При проведении макроscopicких исследований выполнено определение ликвации (неоднородности химического состава) фосфора и серы. Ликвация фосфора определялась на протравленных отшлифованных образцах (состав реактива травления: 85 г хлорной меди, 53 г хлористого аммония, 1000 см<sup>3</sup> воды). По результатам данного исследования установлена значительная ликвация фосфора по границам слоев металла. На рис. 10 ликвация фосфора представлена в виде полос темного цвета на отшлифованной поверхности образца.

Ликвация серы определялась по методу Баумана. Результаты исследований по определению ликвации серы показали, что сера, также как и фосфор, располагается в основном по границам слоев металла.

Анализируя и обобщая результаты проведенных металлографических исследований образцов стали из стенки 1-го пояса резервуара, можно сделать следующие выводы: 1) представленный к исследованию металл является малоуглеродистой сталью с содержанием углерода до 0,1%; 2) отличительной особенностью стали является явно выраженное слоистое строение со-

значительным неоднородным распределением серы, фосфора, а также, очевидно, и углерода. Наиболее высокое содержание серы и фосфора наблюдается по границам слоев металла, что ослабляет связь между ними и должно выражаться в значительной анизотропии механических свойств; 3) микроscopicкие и макроscopicкие исследования металла стенки резервуара подтвердили результаты приборной диагностики в части наличия расслоений и неоднородности структуры материала.

**Лабораторные исследования химического состава образцов стали**

Для определения фактического состава стали выполнен ее химический анализ, результаты которого представлены в табл. 1.

Результаты химического анализа стали показали, что она соответствует марке ВСтЗпс по ГОСТ 380-60, ГОСТ 380-71, ГОСТ 380-94. При этом следует отметить, что процентное содержание углерода по данным химического анализа существенно отличается от результатов металлографических исследований в среднем на 0,07% при относительной разнице до 40%. Данное отличие можно объяснить неравномерным распределением углерода по толщине металла и его повышенной концентрацией на границах слоев при их переменной толщине. Исходя из этого, определение истинного со-

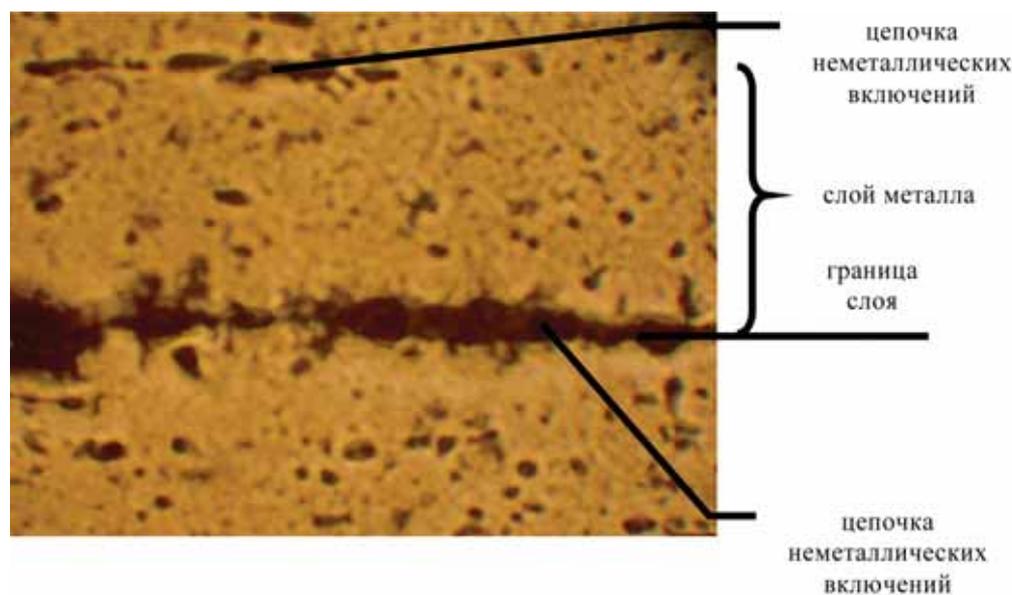


Рис. 9. Микроструктура стали (наличие слоев, цепочек неметаллических включений)



Рис. 10. Ликвация фосфора по границам слоев по толщине металла

С, % (углерод)	Mn, % (марганец)	Si, % (кремний)	P, % (фосфор)	Cr, % (хром)	Ni, % (никель)
0,17	0,25	0,08	0,03	---	---
Сталь ВСтЗпс по ГОСТ 380-60, ГОСТ 380-71, ГОСТ 380-94					
<i>Примечание: при определении химического состава процентное содержание серы не определялось</i>					

Табл. 1. Данные химического анализа стали резервуара

держания углерода, а также, очевидно, и других элементов будет зависеть от достаточного количества проб для химического анализа с разных участков стенки (с наибольшей и наименьшей структурной неоднородностью). Количество минимально необходимых проб в каждом конкретном случае должно быть уточнено с учетом изложенных выше предположений, а классификацию металла с определением марки стали следует принимать по наихудшим показателям (например, по результатам химического анализа рассмотренная сталь отнесена к гарантированной по химическому составу марке не ниже ВСтЗпс).

#### Лабораторные испытания образцов стали с целью определения фактических физико-механических характеристик

Механические испытания стали с определением механических характеристик на растяжение выполнены по трем образцам (одному цилиндрическому и двум плоским); механические испытания стали на ударную вязкость (КСА) выполнены на одном образце при температуре испытания +20°C и на трех образцах при температуре испытания –20°C.

При отборе образцов для испытаний были использованы материалы оценки наибольшей внутренней неоднородности структуры металла отдельных обечаек корпуса рассмотренными выше методами. Результаты механических испытаний приведены в табл. 2.

По результатам механических испытаний на растяжение сталь соответствует требованиям ГОСТ 380-60, ГОСТ 380-71, ГОСТ 380-94 для листового проката из малоуглеродистой стали ВСт2пс-ВСт2сп и стали С235 (С245) по ГОСТ 27772-88 с нормативным значением сопротивления по пределу текучести

$$R_{yn} = 24,0 \text{ кН/см}^2$$

расчетным сопротивлением по пределу текучести –

$$R_y = \frac{24,0}{1,2} = 20,0 \text{ кН/см}^2$$

(где 1,2 – коэффициент надежности по материалу, принимаемый согласно указаниям: п. 20.1 СНиП II-23-81 «Стальные конструкции»; п.18.2.4 СП 16.13330.2011, актуализированная редакция, [5]).

Результаты испытаний на ударную вязкость показали, что при температуре +20°C металл стенки резервуара имеет значение ударной вязкости 72 Дж/см<sup>2</sup>; при температуре испытаний –20°C значение ударной вязкости для трех образцов соответственно составляет 40 Дж/см<sup>2</sup>, 26 Дж/см<sup>2</sup> и 38 Дж/см<sup>2</sup>.

Снижение значения ударной вязкости при испытании образцов из одной партии металла находится в пределах допусков, указанных в п.2.6.4 [2].

Согласно указаниям п.2.6.6 [2] для стали с пределом текучести ниже 315 МПа допускается снижение нормируемого значения ударной вязкости на поперечных образцах до 30 Дж/см<sup>2</sup> при условии, что для одного из трех образцов разрешается снижение значения ударной вязкости на 5% ниже нормированной величины. В нашем случае для одного из образцов значение ударной вязкости при температуре испытания –20°C составляет 26 Дж/см<sup>2</sup> или на 13,3% ниже нормированной величины, что не удовлетворяет требованиям современных норм [2, 5] по качеству материалов, используемых в резервуарах для хранения нефтепродуктов. Кроме того, фактическая температура наиболее холодной пятитдневки для заданного климатического района (г. Навашино Нижегородской области) ниже температуры испытания стали и находится в диапазоне t не менее –30°C, что также приводит к снижению значения ударной вязкости и неудовлетворению требованиям современных норм.

Следует отметить, что рекомендуемые в отдельных нормативных источниках рекомендации проведения диагностики материала по возможной оценке твердости металла не могут дать точной и однозначной картины по его физико-механическим характеристикам. Так, для исследуемой стали число твердости по Бринелю составило HB=150 кгс/мм<sup>2</sup>. Ориентировочно предел прочности стали в этом случае можно определить следующим образом:

$$\sigma_s = 0,34 \cdot HB = 0,34 \cdot (150 + 156) = 51 + 53 \text{ кгс/мм}^2 (\text{кН/см}^2)$$

Полученный таким образом предел прочности соответствует марке стали С375 по ГОСТ 27772-88 или марке 09Г2С (гр.2) по ТУ 14-1-3023-80 с нормативным сопротивлением по пределу текучести до 345 МПа

(34,5 кН/см<sup>2</sup>) для листового проката толщиной более 10 мм. Фактическое же минимальное значение предела прочности по результатам механических испытаний на растяжение (табл. 1) составило 35,1 кН/см<sup>2</sup>, значение предела текучести – 24,0 кН/см<sup>2</sup>. В качестве одной из возможных причин повышения твердости (для данного содержания углерода в сплаве) можно отметить пониженную температуру проковки и прокатки стали, что привело к вероятному наклепу металла.

Подводя итог комплексного исследования качества стали диагностируемого резервуара, можно сделать общий вывод о неудовлетворении используемого металла требованиям современных ГОСТ. По результатам проведенных диагностических работ разрешено введение резервуара в эксплуатацию только при утеплении стенки с учетом обеспечения температуры наружной поверхности в наиболее холодный период времени не ниже –10°C. При возникновении необходимости поддержания указанной температуры в течение длительного периода времени при незначительной теплостойкости используемого утеплителя организовать наружный подогрев стенки.

На основании проведенных исследований и с учетом Временного положения о техническом диагностировании клепаных резервуаров [6] и Правил технического диагностирования, ремонта и реконструкции резервуаров [3] можно рекомендовать следующий порядок оценки качества стали клепаных резервуаров, изготовленных в период конца 19-го и начала 20-го веков из сварочного (кованого) железа:

- 1) 100% экспресс-контроль металла стенки методом остаточной магнитной памяти металла;
- 2) УЗК толщинометрия выявленных зон внутренних концентраторов;
- 3) металлографический анализ образцов, взятых из зон концентраторов;
- 4) лабораторный анализ химического состава проб из образцов зон концентраторов;
- 5) определение физико-механических характеристик цилиндрических образцов, изготовленных из материала зон концентраторов;
- 6) принятие решения о возможности безопасной эксплуатации резервуара.

Данный алгоритм может быть эффективно использован при оценке качества стали в сварных резервуарах.

#### Библиография:

1. Кандаков Г.П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения // Промышленное и гражданское строительство, 1998, № 5.
2. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, 2003, 82 с.
3. СТО 0030-2004 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции» // М.: ЦНИИПСК им. Мельникова, ПИ Нефтеспецстройпроект, ВНИИ-Монтажспецстрой, Трест Коксохиммонтаж, 2004 г.
4. Дубов А.А. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля. Учебное пособие // ООО «Энергодиагностика». М. 2001 г. 179 с.
5. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции // Госстрой СССР. М.: ЦИП Госстроя СССР, 1990.-96 с. + СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*».
6. Временное положение о техническом диагностировании клепаных резервуаров для нефти и нефтепродуктов // Нижегородский центр технической диагностики, Нижегородское управление ГТН России, 2003.

№ резервуара	№ образца	Ø, bхt мм	F <sub>0</sub> , мм <sup>2</sup>	l <sub>0</sub> , мм	P <sub>тек.</sub> , кгс	σ <sub>т</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>	P <sub>разр.</sub> , кгс	σ <sub>ин</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>	δ, %	Ψ, %
1	1	5,90	27,3	30,0	675	24,7	1015	37,2	23,0	49,4
	2	11,4х30,1	343,1	100,0	8230	24,0	12220	35,6	37,0	56,3
	3	11,4х30,1	343,1	100,0	8280	24,1	12140	35,4	37,0	57,0

Сталь ВСт2пс-ВСт2сп по ГОСТ 380-60, ГОСТ 380-71, ГОСТ 380-94, С235 по ГОСТ 27772-88

*Примечание: Ø - диаметр или размер поперечного сечения образца, F<sub>0</sub> - площадь поперечного сечения образца, l<sub>0</sub> - расчетная длина, P<sub>тек.</sub> - нагрузка текучести, σ<sub>т</sub> - предел текучести, P<sub>разр.</sub> - нагрузка разрыва образца, σ<sub>ин</sub> - временное сопротивление при растяжении, δ - относительное удлинение при разрыве, Ψ - относительное сужение при разрыве.*

Табл. 2. Результаты механических испытаний образцов на растяжение

# После Фукусимы: ядерная энергетика в изменившемся мире

Booz & Company – ведущая мировая консультационная фирма, специализирующаяся на формулировании основных задач для ведущих мировых организаций. Основатель компании, Эдвин Буз, создал первую консультационную фирму для менеджмента в Чикаго в 1914 году. Сегодня в компании работает более 3.000 человек в 58 филиалах по всему миру.

В этом году Booz & Company выиграла конкурсную процедуру на разработку Стратегии интегрированной компании ОАО «НИАЭП» – ЗАО АСЭ в России и на зарубежных рынках до 2030 г.

Нам представляется интересным познакомиться читателя с позицией одного из мировых лидеров в области консалтинга, касающейся развития атомной энергетике после аварии на АЭС «Фукусима» в Японии.

## Основные положения

Авария на атомной электростанции Фукусима Дайичи, произошедшая в Японии в марте 2011 года, поразительно точно иллюстрирует уязвимость отдельной атомной станции перед непредвиденными обстоятельствами. К счастью, реакции, предсказываемой некоторыми экспертами – широкого отказа от ядерной энергии или требований чрезмерно дорогостоящих мер по обеспечению безопасности – не случилось.

Похоже, ядерная энергетика смогла пережить политический шторм, последовавший за этими событиями. Тем не менее, ей придется потрудиться, прежде чем она сможет вернуть себе доверие регуляторов (инспекторов) и общественности и убедить всех, что ядерная энергия – это безопасный и предпочтительный источник энергии будущего. Долгосрочный успех компаний в этой отрасли зависит от того, смогут ли они учесть уроки маловероятных аварий с далеко идущими последствиями, таких как Фукусима, в планировании своей деятельности, и насколько хорошо они смогут реализовывать новые масштабные проекты и проводить модернизацию существующих объектов.

Компании в сфере ядерной энергетике должны лучше анализировать риски, чтобы убедить публику и регуляторов, что в будущем подобные случаи не повторятся и что соответствующие инвестиционные решения экономически обоснованы. Кроме того, необходимо уделить большее внимание управлению проектами в критических условиях. Эта проблема, стоящая перед лидерами отрасли, собственниками и операторами, весьма сложна. Все вокруг требуют изменений, но смогут ли лидеры извлечь правильные уроки? Смогут ли улучшить приемы работы в своей области и тем самым продемонстрировать ту степень сознательности, которая может развеять беспокойство общества?

## Устранение последствий

В марте 2011 года 9-балльное землетрясение на северном побережье Японии вызвало огромную 10-метровую волну-цунами, которая затопила более 320 кв. км суши. И хотя физические разрушения, вызванные волной, сами по себе были тяжелым испы-

танием для региона, они скоро оказались в тени событий, происшедших на атомной электростанции Фукусима Дайичи. Через час после землетрясения многоблочная электростанция оказалась выведена из строя цунами, что вызвало цепную реакцию, которая в свою очередь привела к частичному расплавлению ядра, выбросу радиоактивных газов и утечке зараженной воды. Хотя все работающие реакторы на Фукусиме Дайичи были автоматически заглушены из-за толчков, последующее отключение электричества и невозможность сбрасывать остаточное тепло привели к значительному повреждению защитной оболочки, систем охлаждения реактора и бассейнов с отработанным топливом. Вдобавок, властям было непросто реагировать на аварию из-за невозможности получить данные о том, что происходит на станции в реальном времени.

Тем временем, сторонники и противники использования ядерной энергии сразу же осознали, какие долгоиграющие последствия могут иметь эти события на текущие и будущие планы по развитию ядерной энергетике. Противники ядерной энергии посчитали, что авария навсегда уменьшит глобальную роль ядерных технологий, поскольку они больше не смогут считаться надежным и безопасным источником энергии. Для них эта авария была наглядным напоминанием о рисках и опасностях ядерной энергетике, и они утверждали, что эти события ставят под сомнение концепцию глубоко эшелонированной защиты как способа предотвратить эксплуатационные риски. С другой стороны, сторонники ядерной энергии рассматривали аварию как строго локализованное явление, которое было вызвано единственным крайне маловероятным событием и которое не могло оказать влияние на всю отрасль. По их мнению, системы безопасности, уже встроенные в современное поколение ядерных реакторов, а также десятилетия беспрецедентного функционирования ядерной энергетике уже доказали ее жизнеспособность.

Кроме того, авария на Фукусиме обратила внимание на те виды рисков, которые обычно считались абсолютно малозначимыми, хотя и могли привести к самым серьезным последствиям. Говоря о подобных маловероятных рисках со значительными последствиями, которые часто называют «черными лебедями», можно вспомнить о разливе нефти на платформе компании «Бритиш Петролеум» «Дипуотер Хорайзн» и о практически глобальном финансовом кризисе 2008 года. Руководители компаний теперь понимают, что «черные лебеди» не только могут послужить причиной финансовых потерь или «затягивания поясов»; они также могут угрожать самому существованию их компаний.

В свою очередь, лидеры в сфере ядерной энергетике быстро признали, что наступает важный поворотный момент. Авария не только поставила под сомнение целесообразность работы более 400 станций по всему миру; она также поставила под угрозу возможность достичь нового возрождения отрасли – возможность, которая появилась в последние годы. Очевидно, что то, каким образом лидерыотреагируют на кризис, будет иметь осново-

полагающее значение для обеспечения политической, законодательной и общественной поддержки текущего парка электростанций и для развития и создания нового поколения реакторов.

Отрасль еще не окончательно выработала ответ на катастрофу на Фукусиме. Операторы станций и инспекторы находятся в процессе осмысления, как сделать свой анализ рисков более точным, особенно для таких маловероятных, но значимых событий, и как заложить в рабочие модели возможность учитывать подобные события и реагировать на них. Хотя многие изменения уже внедрены, пройдет еще несколько лет, прежде чем все они получат распространение.

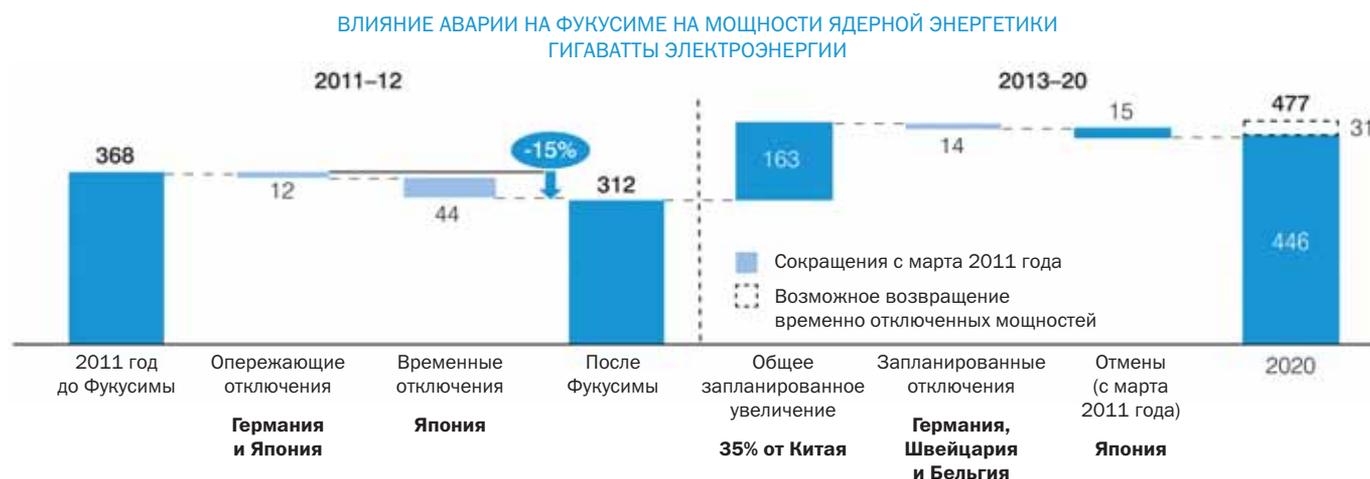
Если компании отрасли хотят надлежащим образом ответить на кризис Фукусимы, и если они по-прежнему хотят надеяться, что за существующими и новыми атомными станциями – будущее мировой энергетике, им необходимо полностью пересмотреть свои методы управления рисками и способы реализации своих проектов. Успешное выполнение текущих и еще не написанных нормативных требований одновременно с завершением уже строящихся проектов будет играть ключевую роль в будущем ядерной отрасли. Для компаний, работающих в этой сфере – собственников, поставщиков и подрядчиков – пришло время как усложнять методики анализа рисков, так и улучшать оперативное управление, необходимое, чтобы это будущее наступило.

## Реакция и ответ

Немедленную реакцию на события на Фукусиме Дайичи, особенно в странах, зависящих от ядерной энергии, миру явили не регуляторы, а политические лидеры. В Японии на момент аварии общественная поддержка ядерной энергетике уже падала. Тем не менее, политические лидеры, как на общенациональном уровне, так и на уровне префектур, внезапно оказались втянуты в дебаты, которые длятся по сей день: нужно ли держать заглушенными более 50 японских реакторов с учетом того, что они похожи на реактор на Фукусиме как по конструкции, так и по географическому размещению. В течение двух месяцев все японские реакторы были заглушены; прошло более года, прежде чем первый из них, в городе Охи, возобновил свою работу в июне 2012-го. Если японский ответ на аварию можно считать понятным и осторожным, то решение немецкого канцлера в апреле 2011 года закрыть все атомные станции Германии к 2022 году отразило растущее недоверие населения этой страны к ядерной энергетике, которое, впрочем, существовало задолго до аварии в Японии. Даже во Франции, стране, наиболее зависящей от ядерной энергии, где более 75% электричества производилось на атомных станциях, тогдашний лидер оппозиции и нынешний президент Франсуа Олланд призвал закрыть 28 из 58 реакторов к 2025 году.

Также авария повлияла на некоторые предложения по развитию ядерной энергетике, получившие поддержку в предыдущие годы и отразившие рост развивающихся экономик и опасения, связанные с выбросами углекисло-

Диаграмма 1. Влияние аварии на Фукусиме на глобальные мощности ядерной энергетики, 2011-20



Примечание: состояние на июль 2012 г., на основе данных Всемирной ядерной ассоциации. В Японии проходит процесс тестирования реакторов в предельных режимах с целью возобновления их эксплуатации, но за основу берется консервативный сценарий, когда все реакторы останутся отключены. Источник: ВЯА, МАГАТЭ, Ньюклар Ньюс, Рейтерс, Электроэнергетическая компания г. Токио, анализ «Буэ & Кампани».

го газа и изменениями климата. Некоторые страны, которые ранее рассматривали расширение своих ядерных программ, включая Швейцарию, Италию и Испанию, решили отменить строительство всех новых станций (общий результат не был значительным: отменено строительство менее 20 станций). Другие страны, такие как Китай, начали пересматривать используемые технологические решения и варианты размещения станций, хотя при этом и сохранили свою приверженность развитию ядерной отрасли. Общий эффект от закрытий и отмены оказался значительным: приблизительно 15% текущих мощностей были отключены (как минимум временно) к концу 2011 года, и эта цифра может значительно увеличиться, особенно если предложения по закрытию станций в Германии и Франции все-таки будут осуществлены. А неприятие населением Японии возможности возобновить работу своих ранее закрытых станций на фоне того, что местные власти ведут неравный бой за обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям, может сократить доступные мощности еще больше (см. диаграмму 1).

Несмотря на эти трудности, не стоит рисовать будущее ядерной энергетики в мрачных тонах. Долгая история эксплуатации атомных электростанций по всему миру по-прежнему может считаться образцовой. А непрерывающаяся поддержка со стороны растущих экономик стран, испытывающих дефицит энергии, таких как Китай, Корея и Объединенные Арабские Эмираты, скорее, обеспечат ее рост. Даже если все предложения по прекращению работы электростанций и будут выполнены, ядерная энергетика сохранит свою значительную долю в мировом энергоснабжении.

В настоящий момент на нее приходится 368 гигаватт (ГВт) развернутых мощностей, что обеспечивает 13% мирового производства энергии; при этом планируется построить или уже строятся мощности приблизительно еще на 116 ГВт. Если Япония навсегда сократит парк реакторов, глобальная мощность ядерной энергетики все равно будет превышать 400 ГВт и обеспечит себе значительную долю в мировом производстве энергии. Но потенциально возможный вклад ядерной энергетики гораздо больше. Когда ставки так высоки, лица, принимающие решения в области энергетики, включая политических лидеров, регуляторов и менеджмент компаний, должны предоставить прагматичный ответ на Фукусиму как в

краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. До настоящего времени инспекторы не поддавались скоропалительным решениям и применяли взвешенный, основывающийся на фактах подход при анализе последствий Фукусимы. Это оказало благотворное воздействие на горячие умы, и следует продолжать в том же духе. Кроме того, регуляторы в сфере ядерной энергетики сейчас обратили внимание на не столь очевидные причины аварии, что не менее важно, и исследуют вопрос о том, какие предупредительные меры помогут избежать подобных катастроф в будущем.

#### Прокладка курса

По мере того, как проходит все больше времени с момента аварии, внимание в странах, зависимых от ядерной энергии, переходит от изначальных, политически мотивированных решений на процессы регулирования. Япония, Европейский союз, Соединенные Штаты, ОАЭ, Китай и другие страны начали анализ аспектов безопасности, цель которого – определить те улучшения, которые необходимы как для существующих станций, так и для планирующихся или находящихся в процессе строительства. Комиссия по ядерному регулированию (США), общепризнанный мировой лидер в области надзора в сфере ядерной энергетики, сразу же сформировала рабочую группу по анализу событий на Фукусиме Дайчи, которая завершила свое исследование в июле 2011 года.

В основу полученных рекомендаций был заложен так называемый «проектный принцип», который давно уже является краеугольным камнем норм регулирования в сфере ядерной энергетики. Рекомендации включают в себя более строгие требования к проектированию и строительству атомных станций, которые, как предполагается, помогут обеспечить их более полную защиту от аварий, в том числе более серьезных, чем на Фукусиме, без потери систем, конструкций и компонентов, обеспечивающих безопасность населения (см. раздел «Рекомендуемые изменения»). В отрасли с одобрением приняли первые три указания Комиссии, а эксперты полагают, что их относительно просто внедрить. Однако не ясно, какова будет конечная стоимость внедрения всего оборудования, контрольно-измерительных приборов и программного обеспечения согласно данным рекомендациям, и насколько выполнимыми и дорогостоящими будут любые последующие требования.

Например, внедрение требований по достаточному и надежному резервному источнику электроэнергии может осложниться тем, что многие компании уже инвестировали средства в различные системы резервного питания. Если впоследствии будет выпущена более строгая рекомендация, требующая установки дополнительных резервных мощностей, это может вызывать самые серьезные последствия для уже поставленного оборудования. А в случае, когда будут затребованы более сложные приборы или оборудование, как, например, в указаниях по управлению бассейном с отработанным топливом и усиленным клапаном защитного корпуса, специалистам компании-собственника и поставщикам оборудования придется сотрудничать для того, чтобы выработать спецификации компонентов и устройств, соответствующих новым требованиям. Затем им нужно будет поставить оборудование, провести тщательную проверку на пригодность к размещению на станции и устойчивость к сейсмической активности и, наконец, получить разрешение от Комиссии по ядерному регулированию на данное оборудование перед его установкой.

Также в ближайшем будущем для того, чтобы удовлетворить новые требования регуляторов, компании-владельцы, базирующиеся в США, должны будут увеличить бюджеты капитальных вложений в уже построенные станции. Весьма вероятно, что изменившиеся условия повлияют на их инвестиционные приоритеты в отношении запланированной модернизации и увеличения мощности блоков. Наконец, им придется наладить более тесные контакты с акционерами и в своей риторике учитывать меняющийся политический ландшафт и возросшее беспокойство общественности. В общем, ядерная энергия по-прежнему пользуется поддержкой населения США, но эта поддержка несколько уменьшилась, а противники ядерной энергии укрепили свои позиции.

В настоящее время большинство экспертов утверждают, что расходы, как постоянные, так и однократные, компаний в США будут находиться в пределах общего годового бюджета отрасли на капитальные вложения. (Оценки стоимости соблюдения новых требований различаются, и в конечном счете они будут зависеть от конкретного типа и модели каждого компонента). Более того, нет никаких признаков того, что новые правила негативно повлияют на стоимость эксплуатации атомных

станций и тем самым на экономическую выгоду от продажи электроэнергии по сравнению с углем и газом. Такой вывод, однако, основывается на предпосылке, что внедрение улучшенного оборудования на станциях не приведет к любым ощутимым незапланированным или продолжительным простоям.

Резюмируя, можно отметить, что новые требования безопасности не нанесут ущерба долгосрочным планам по обслуживанию или строительству ядерных реакторов в США. Главная опасность для ядерной энергетики заключается не в новых требованиях, а в низких ценах на природный газ. Если другие страны внедрят схожие меры, то дальнейшее развитие ядерной энергетики будет скорее заключаться в применении новых методов проектирования и улучшенных административных методик, а не в глобальном пересмотре всех проектов или полном отказе от них.

На чем же должны концентрироваться владельцы и операторы ядерных станций в мире после Фукусимы, чтобы обеспечить свою долю в мировом производстве энергии? Им нужно обратить внимание на две вещи. Во-первых, они должны более широко подходить к определению эксплуатационного риска и его последствий, как на уровне станции, так и на уровне компании и держать в уме меры по предотвращению аварий и меры по реагированию на них. Во-вторых, им нужно приложить усилия в области управления проектами и успешно разработать и внедрить новое поколение ядерных станций. Обе эти задачи требуют более высокого уровня прозрачности принимаемых решений в отрасли; для многих компаний это может стать серьезным препятствием. Однако это также позволит лидерам отрасли продемонстрировать миру свою степень приверженности высоким стандартам управления рисками, проектирования, планирования и реализации проектов.

### Переоценка рисков

Пока еще не окончательно понятно, как новые рекомендации Комиссии по ядерному регулированию повлияют на парк ядерных реакторов в США. Однако ясно одно: методы оценки рисков, которыми традиционно пользовались компании отрасли, должны измениться. В частности, должна быть произведена переоценка маловероятных рисков со значительными последствиями. Защищенность станций и методы реагирования их собственников должны улучшиться. Вероятностная оценка рисков, применяемая в отрасли с 1979 года после аварии на острове Три Майл, шт. Пенсильвания, получит еще большее значение для обеспечения безопасности ядерных реакторов в будущем. Операторам необходимо будет разработать методологию улучшенного анализа рисков, которая способна адекватно справиться не только с «традиционными» сценариями аварий из-за ошибок проектирования, но и с гораздо менее вероятными «черными лебедями». Наконец, инвестиционные решения должны будут отразить эти новые подходы к оценке риска.

Интерпретация первой рекомендации от рабочей группы по Фукусиме Комиссии по ядерному регулированию, которая будет рассмотрена в следующем году, вызывает наибольшую неопределенность. В ней указывается, что необходимо включить требования, относящиеся к запроектированным рискам, в определение адекватной защиты от аварий: уравнивание рисков мерами по их предотвращению без учета стоимости, которая может послужить тормозом при принятии решений. Рабочая группа отме-

Диаграмма 2. Диапазон улучшений методов управления рисками



тила, что эти меры аналогичны регуляторным изменениям, внедренным после террористических атак 11 сентября 2001 года. Однако эти меры могут иметь гораздо дальше идущие последствия, если принимать во внимание множество возможных событий-«черных лебедей». И действительно, весьма вероятно, что расширение принципа адекватной защиты в значительной степени переструктурирует весь набор нормативов и правил.

Традиционные подходы к управлению рисками основываются на оценке вероятных последствий потенциальных событий; они не совсем пригодны к крайне маловероятным рискам с серьезными последствиями. «Черные лебеди» представляют собой проблему для традиционного подхода, потому что даже если ожидать наступления этих событий, их последствия не укладываются в предсказуемые пределы. В случае трагических событий на северо-восточном побережье Японии в марте 2011 года, «черным лебедем» было не землетрясение и цунами, которые вполне можно было предвидеть, а их масштабы. Другой пример – землетрясение, которое произошло на восточном побережье США в августе 2011 года. Оно было значительно сильнее, чем считалось возможным в этом регионе. Террористические атаки в сентябре 2011 г. – это такой же «черный лебедь», но не потому что в США никогда не было террористических актов, они были, а из-за их масштаба, методов и гигантских последствий.

Компании ядерной энергетики США должны улучшить свои методы управления рисками двумя способами. Во-первых, им необходимо обновить существующую методологию оценки рисков для того, чтобы включить в нее маловероятные риски, имеющие серьезные последствия. Это потребует улучшения текущих процедур и инструментов для того, чтобы выделить потенциальные риски из значительно более обширного поля неопределенности, чем раньше не делалось (см. диаграмму 2). Традиционные решения об «известных неизвестных» должны быть расширены, чтобы включать также «неизвестные неизвестные».

Планирование сценариев, которые включают в себя ситуации, сами по себе непредставимые, может оказаться полезным инструментом в изменении способа мышления при выявлении рисков и оценке уязвимостей. Решая эти задачи, руководству компаний приходится исходить из невозможных предпосылок, как, например, если бы путешественник в пустыне обнаружил линкор времен Гражданской войны США, и затем исследовать возможные уязвимости, которые из них следуют. Часто, когда приходится реконструировать цепь событий, которая привела к кажущемуся необъяснимым

событию, сценарий, который ранее считался немыслимым, становится вполне правдоподобным, пусть и маловероятным. Другим способом изменить подход к осмыслению будущих событий являются ролевые игры и иные симуляции реального мира; в этих играх моделируется сложность реальных событий, когда кажущееся рациональным взаимодействие между игроками или их действия могут привести к непредсказуемым результатам. Глубокое исследование взаимозависимостей и корреляций между различными факторами риска также может помочь открыть дополнительные влияния и потенциальные системные последствия.

Владельцев атомной станции необходимо поощрять, чтобы они совместно улучшали свои возможности по выявлению рисков. Профессиональные группы, технические эксперты и органы по поддержке отрасли должны работать сообща для того, чтобы разрабатывать аналитические инструменты и методы оценки рисков, которые могут быть использованы отдельными собственниками станций и операторами для количественного определения вероятности и последствий конкретных пессимистических сценариев. Техники, разработанные с использованием этого подхода, должны соответствовать культуре и опыту данных компаний. Собственники станций также могут использовать их при внедрении требований регуляторов, что потенциально может облегчить прохождение проверок Комиссии по ядерному регулированию и цикла согласований, обеспечивая при этом «разумную уверенность» в эксплуатационной безопасности.

Конечная цель следующего поколения методов управления рисками состоит в разработке такого отраслевого подхода к определению и количественному измерению вероятности наступления событий, аналогичных Фукусиме, который будет удовлетворять любым требованиям регуляторов по безопасности и успокоит общественность, при этом будучи экономичным и простым во внедрении. Поскольку концепция разумной уверенности и адекватной защиты не включает в себя прямой анализ затрат и выгод, любое отступление от вышеуказанной цели может нанести вред будущему ядерной энергетики.

Следующее и, возможно, еще более важное требование заключается в том, что необходимо увеличить устойчивость станций, предприятий и отрасли в целом так, чтобы они могли выдерживать подобные непредсказуемые события. От операторов атомных станций, несомненно, потребуют внедрения определенных мер по усилению защиты, но им также будут рекомендовать принять более активные меры по улучшению методов оценки

рисков во всей компании. Это влечет за собой применение более эффективных средств по выявлению потенциальных аварий и их последствий и разработку целого спектра действий по их устранению.

### Рекомендуемые изменения

В июле 2011 года Комиссия по ядерному регулированию опубликовала рекомендации на основе оценки Рабочей группы по исследованию аварии на Фукусиме и тех следствий, которые происходят из применения текущих процедур и норм. Рабочая группа выпустила 12 рекомендаций.

1. Создать логичную, системную и связную структуру регулирования адекватной защиты, которая надлежащим образом компенсирует возможные риски глубоко эшелонированной защитой.

2. Потребовать от лицензиатов пересмотреть и при необходимости улучшить спроектированную защиту от сейсмической активности и затопления.

3. Оценить в долгосрочной перспективе возможность предотвращения и уменьшения рисков затопления и пожаров, вызванных землетрясением.

4. Улучшить защиту станции от отключения энергии для всех эксплуатируемых и планируемых реакторов для проектных и запроектных рисков так, чтобы станция функционировала при любых обстоятельствах.

5. Потребовать внедрить надежные, усиленные клапаны для кипящей воды в реакторах с защитной оболочкой типа I и II.

6. Рассмотреть предложения по контролю водорода внутри защитной оболочки и иных конструкций.

7. Улучшить хранилища для отработанного топлива и приборы для бассейна отработанного топлива.

8. Усилить и внедрить меры по чрезвычайному реагированию на станции.

9. Потребовать от операторов, чтобы планы по чрезвычайной ситуации на станции включали в себя меры по реагированию на продолжительное отключение электроэнергии и на аварию в нескольких блоках.

10. Обеспечить дополнительные степени защиты от отключения электричества и аварий на нескольких блоках.

11. Рассмотреть меры экстренного реагирования в сфере принятия решений, защиты от радиации и просвещения населения.

12. Усилить надзор за исполнением лицензиатом требований по безопасности, уделив большее внимание требованиям глубоко эшелонированной защиты.

Впоследствии, 12 марта 2012 года, Комиссия выпустила первые регуляторные требования для компаний США на основе приоритетных (уровень 1) рекомендаций Рабочей группы. Три указания, которые были выпущены Комиссией, требуют обеспечить улучшение безопасности уже работающих и еще строящихся реакторов.

В этих указаниях содержатся требования к владельцам атомных станций по внедрению следующих улучшений безопасности:

- создание методик устранения последствий природных катастроф, которые могут вызывать отключение питания на станции;
- обеспечение станций надежными усиленными клапанами колпака реактора;
- улучшение оборудования бассейна с отработанным топливом.

Согласно этим указаниям, данные действия должны быть выполнены в течение двух циклов перезагрузки топлива или к 31 декабря 2016 года в зависимости от того, что наступит первым.

Комиссия также направила просьбу на все станции заново оценить сейсмическую активность и вероятность затопления на каждой площадке с использованием современных методик, провести инспекцию АЭС, чтобы убе-

диться, что защита от этих угроз действительно имеется в текущих проектах, и заново оценить способы связи при чрезвычайной ситуации и готовность персонала к ним.

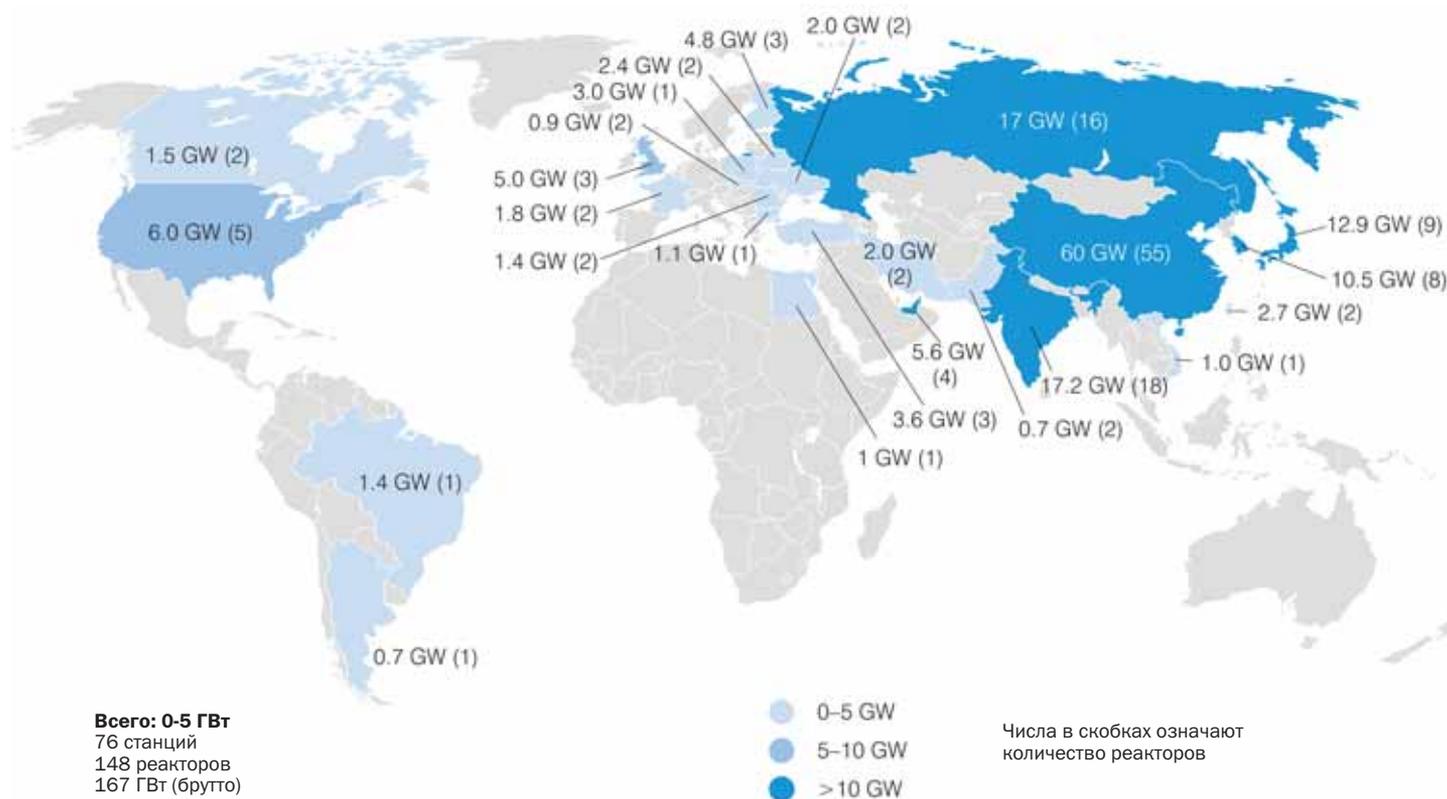
Для оставшихся рекомендаций первого уровня Рабочей группы Комиссия выпустила предварительное уведомление о предлагаемых решениях в отношении отключений электричества. В ближайшие несколько месяцев она выпустит предварительное уведомление о предлагаемых решениях в отношении уточнения и интеграции инструкций по действиям в чрезвычайной ситуации, в отношении рекомендаций руководству при серьезных авариях и обширных рекомендаций по устранению последствий аварий. К середине 2012 года сотрудники Комиссии планируют представить схему предлагаемых действий в отношении оставшихся рекомендаций второго и третьего уровней Рабочей группы.

### Строительство новых реакторов

Атомные станции, которые были запланированы или находились в процессе строительства на момент катастрофы на Фукусиме, будут достроены (76 станций на июль 2012 года), но их коллективный статус изменился (см. диаграмму 3). Для того чтобы сохранить доверие населения, отрасль должна как можно меньше отклоняться от запланированных уровней инвестиций и графиков работ. Если проекты, которые сейчас находятся еще в стадии разработки, не смогут удовлетворить ожидания по своей стоимости и графику введения в эксплуатацию, это нанесет удар по возможностям внедрения следующего поколения реакторов. Лидеры ядерной энергетики смогут достичь своих целей, только если извлекут урок из проблем и результатов предыдущего строительного цикла и последнего опыта в реализации проектов.

Незавершенные проекты варьируются от первоначальных попыток строительства атом-

Диаграмма 3. Глобальное строительство новых ядерных станций



Примечание: включены станции, строящиеся или запланированные к строительству к 2020 году, в том числе японские станции, несмотря на их неопределенный статус  
Источник: Всемирная ядерная ассоциация, июль 2012; выбранные корректировки основаны на данных по конкретным станциям и совокупным планам стран

Диаграмма 4. Система методик управления проектом

КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ МЕТОДЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЕКТА



ной станции в странах, не принадлежащих к ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития – Ред.), до модернизации существующих станций в развитых странах; они включают в себя смесь старых и новых технологий. Скорость их завершения также различается; во Франции и Финляндии по-прежнему простой, зато в Китае процесс идет полным ходом. В числе обычных проблем приостановленных проектов – слабая координация внутри проекта, низкий уровень управления и ненадлежащее качество выполнения работ. Все более успешные проекты строго следуют графику работ, осуществляют контроль над расходами и стремятся повысить производительность труда рабочих.

В этом свете можно считать удачей то, что ренессанс ядерной энергетики, экономическое возрождение ядерной отрасли, вызванное появлением технологий и методик нового поколения (таких как модульность строительства и упрощенные проекты реакторов), которые позволяют добиться более эффективного возврата инвестиций, начинается медленно. Это дает собственникам, производителям оборудования и специалистам по проектированию, материально-техническому обеспечению и строительству (ПМТС) время на выработку конкретных действий по мобилизации и строительству и на улучшение качества проектного планирования и реализации. В США экспериментальные проекты для демонстрации эффективных методик управления включают в себя незавершенные проекты компаний «Сазерн Кампани» и SCANA и законченный проект «Уоттс Бар-2» (долина реки Теннесси). Поскольку проекты компаний «Сазерн Кампани» и SCANA – это первые ласточки нового возрождения ядерной отрасли в США, они находятся под тщательным наблюдением: если они будут завершены, не слишком выходя за пределы бюджета и графика, за ними последует создание других станций. А если нет, то на какое-то время коней придется придержать.

К сожалению, большие капитальные проекты имеют продолжительную историю срывов сроков реализации по ряду причин, в том числе из-за плохого планирования, незавершенного проектирования, роста цен на материалы, падения производительности, ненадлежащего качества и недостаточного контроля над проектом. Новейшие проекты также могут быть подвержены этим проблемам. В таких проектах команды по строительству и проектированию, скорее всего, работают вместе впервые; команды должны в основном полагаться на поставки из-за рубежа, а найти компетентных руководителей, техническую поддержку и рабочий персонал не так просто.

В результате цена одной ядерной станции может легко выйти за пределы оценочной стоимости от 7 до 8 млрд долларов США. Успешное завершение строительства станции зависит от способности владельцев развивать и внедрять эффективные методы управления проектами, включая планирование проекта, оценку хода работы и прямой надзор, а также подробные метрики выполнения проекта и процедуры отчетности, необходимые для получения успешного результата. Если будет внедрена надежная система по управлению проектом, которая включает в себя все необходимые вышеуказанные действия, от инициирования проекта до его ввода в эксплуатацию и продажи, то она может послужить успешным примером для собственников АЭС (см. диаграмму 4).

Однако сама по себе хорошо продуманная система управления проектом не обеспечивает успеха. Слишком часто проблемы возникают на этапе ее внедрения. Собственники часто работают в ситуации ограниченных ресурсов, стесненных организационных возможностей и неадекватной инфраструктуры. Недостаточно четко определенные взаимоотношения между собственником и подрядчиками по проектированию, материально-техническому обеспечению и строительству приводят к конфликту между ними в то время, когда требуется партнерство и сотрудничество. Собственники и

команда ПМТС часто буквально понимают контракт и то, как он регулирует осуществление проекта, даже в тех случаях, когда он всего лишь намечает контуры взаимодействия и не способен четко перечислить все возможные обстоятельства. Наконец, стороны могут игнорировать опыт предыдущих масштабных проектов, беря на себя слишком большие обязательства. Подобные ситуации возникают регулярно, независимо от типа проекта; любая из них или все они вместе могут послужить препятствием на пути его успешной реализации.

Если собственники хотят осуществлять эффективный надзор за выполнением проекта, будь то модернизация или строительство новой станции, им критически важны четко обозначенные методы управления (см. раздел «Способность управлять проектами», стр. 9). Только когда владельцы внедряют свою систему управления на деле и рассматривают ее как основной фактор успеха, они могут быть уверены в успешном управлении своими проектами.

#### Способность управлять проектами

Во время прошлого цикла строительства ядерных станций, который пришелся на 1980-е и 1990-е годы, компании ядерной отрасли постоянно сталкивались со значительными превышениями бюджетов и нарушениями графиков. Подобное не должно повториться. Компании должны извлечь уроки из своего опыта и внедрить более строгие подходы к планированию и исполнению проектов, а также надзору за ними. К ним относятся:

- тщательное предварительное планирование. Во время прошлого цикла проектированию было уделено недостаточно внимания, а при строительстве упор делался на скорость. В этот раз проектирование станции должно быть закончено во всех существенных моментах для того, чтобы имелось четкое представление о минимальном объеме, стоимости и сроке строительства и чтобы полностью подготовить разбивку по этапам и командам перед началом

реализации проекта, что является критически важным для успеха;

- надежное управление рисками. В прошлом анализ неопределенности и распределения риска в проекте часто был упрощенным и нереалистичным. Собственники и компании ПМТС должны осознать, что детальный постоянный анализ рисков – это необходимое условие для успешного завершения проекта и что распределением рисков необходимо управлять эффективно;

- интегрированное руководство проектом. Чтобы проект был завершен вовремя и в пределах бюджета, строительство атомных станций должно включать в себя сложные многосторонние соглашения. Успех зависит от того, как цели, сферы ответственности и стимулы компании соотносятся друг с другом в рамках структур и процессов, которые обеспечивают интеграцию и прозрачность;

- без постоянного мониторинга хода работ любой проект может выйти из-под контроля. Постоянный всеохватывающий анализ стоимости проекта и его соответствия графику, из которого становятся понятны глубинные факторы, которые могут повлиять на его реализацию, жизненно важен для успеха;

- практическое руководство проектом. Стороны договоров по строительству станций часто предполагают, что они адекватно определили зоны ответственности и прописали достаточно методик, обеспечивающих выполнение проекта. Хотя подобные контракты могут прописывать какие-то процедуры, они не могут заменить прямой и постоянный контроль над ходом выполнения работ;

- индивидуальная модель работ. Часто станции строятся на основе координационных моделей, которые не достаточно адекватны тем проблемам, которые встречаются в проекте. Успешное завершение масштабного проекта требует тесного сотрудничества между акционерами, головным офисом и руководством на площадке;

- концентрация на производительности. Недостатки качества выполнения работ, из-за которых работы необходимо переделывать снова и снова, всегда были основной причиной изменений графика и превышения бюджета. Прогноз причин возникновения этих проблем и тщательный контроль выполнения работ – ключ к достижению запланированной степени производительности в рамках проекта.

- строгий контроль над изменениями. Сложности и отсутствие ясности в определении объема проекта создают основу для внесения изменений и повышения затрат. Однако внезапных изменений бюджета и графика выполнения проекта можно избежать, если тщательно придерживаться текущего плана и оценки любого возможного изменения в терминах «обязательно» или «желательно».

Разработка и внедрение этих методик может помочь собственникам и компаниями ПМТС наращивать и применять навыки, необходимые для следующего цикла строительства проектов в сфере ядерной энергетики, не выходя за рамки планируемого бюджета и графика. Достаточно взглянуть на процесс строительства АЭС «Олкилуото» в Финляндии, «Фламанвиль» во Франции и «Уоттс Бар-2» в США, чтобы понять, что наличие или отсутствие этих навыков может оказаться принципиально важным при выполнении проекта. Возрождение ядерной энергетики, о котором уже было сказано не единожды, не начнется до тех пор, пока при выполнении каждого проекта все стороны не станут выполнять взятые на себя обязательства.

### Наследие Фукусимы

Ядерная энергетика часто становится объектом пристального внимания общественности и регулирующих органов, и резкая реакция на аварию на Фукусиме вполне ожидалась. Ответная реакция со стороны компаний ядерной отрасли показала, насколько спокойно и открыто они могут справляться с катастрофами. Но и после Фукусимы внимание по-прежнему приковано к отрасли. Поэтому компаниям необходимо убедить как регуляторов, так и население вообще, что эксплуатация текущего парка реакторов безопасна. Им также необходимо продемонстрировать общественности, что они готовы работать и под более строгим регулятивным надзором. При этом собственники должны понимать, что рекомендации регуляторов, которые были выпущены после Фукусимы, гораздо менее обременительны, чем, возможно, требовалось.

Кроме того, компаниям необходимо напомнить себе и широкой общественности о своей истории. В течение многих десятилетий они демонстрировали показатели мирового уровня и служили примером надежной и безопасной эксплуатации. Это дает политический капитал, необходимый для участия в предстоящих дебатах о будущей роли ядерной энергии.

Но также нужны и видимые улучшения. Все внимательно наблюдают за рядом текущих проектов по всему миру. Сюда входят и строящиеся АЭС компаний «Сазерн Кампани», SCANA и Управления долины реки Теннесси в США, и различные модернизации, обновления реакторов и инициативы по увеличению срока эксплуатации во многих других странах. Всем также интересно, сможет ли отрасль сохранить свои первоклассные эксплуатационные показатели. Лидеры просто не смогут выдержать репутационные издержки, аналогичные тем, которые имели место во время прошлого цикла строительства.

Для этого наиболее важны методы умного управления рисками и качественной реализации проектов. Эти методы будут необходимы владельцам и операторам для строительства новых станций в рамках заданных бюджетов и сроков и для достижения требуемого высокого качества строительства и эксплуатации. Разработка этих методов – критически важный шаг для подтверждения прав на действия в области производства энергии и создания новых возможностей для всей ядерной энергетики.

### Об авторах

**Том Флэрти** – старший партнер компании «Booz&Company» в Далласе. Занимается развитием масштабных проектов в сфере ядерной энергетики и специализируется на оценке рынка, проектном планировании, управлении, реализации и анализе рисков.

**Кристофер Данн** – партнер компании «Booz&Company» в Сан-Франциско. Занимается руководством проектами, обоснованием решений, экономикой проектов и управлением рисками со специализацией на больших капитальных проектах.

**Майкл Бэджел** – старший исполнительный советник компании «Booz&Company» в Далласе. Специализируется на планировании масштабных проектов в сфере ядерной энергетики, их управлении и реализации как для правительства, так и для частного сектора.

**Оуэн Уорд** – старший компаньон компании «Booz&Company» в Нью-Йорке. Занимается управлением рисками и обоснованием решений для масштабных проектов и специализируется на энергетической и химической отраслях.

## After Fukushima: nuclear power in a new world

Booz & Company is a leading global management consulting firm focused on serving and shaping the senior agenda of the world's leading institutions. Our founder, Edwin Booz, launched the profession when he established the first management consulting firm in Chicago in 1914. Today, we operate globally with more than 3,000 people in 58 offices around the world.

This year Booz & Company has won a tender for development of the Strategy for the merged company JSC NIAEP – JSC ASE in Russia and foreign markets till 2030.

We would like to familiarize our readers with the standpoint of one of the world leaders in consulting business on nuclear energy development after the incident at Fukushima NPP, Japan.

### Executive summary

The March 2011 accident at the Fukushima Daiichi nuclear plant in Japan was a startling illustration of the vulnerability of an individual nuclear plant site to unpredictable events. Fortunately, the responses predicted by some experts – a widespread rejection of nuclear power or prohibitively expensive redesign and retrofitting of the technology – have not come to pass.

Instead, the nuclear industry appears to have weathered the political storm surrounding the event. Yet it still faces real challenges in regaining the confidence of regulators and the public trust, and in promoting nuclear power as a safe and preferable choice for the future. The sector's long-term success hinges on whether it can skillfully incorporate the lessons of low-probability, high-consequence events like Fukushima into its operational planning, and on how well it can execute new largescale projects and upgrades of existing facilities.

The nuclear industry must develop improved risk analysis capabilities – to better assure the public and regulators that plants can safely survive future events and that investment decisions are economically justified. It must also fortify its most critical project management capabilities. This presents a challenge to the industry's leaders, owners, and operators. Can they turn the current mandate for change into an opportunity? Can they enhance the capabilities needed to sustain their operational competence and thus demonstrate the level of commitment that is needed to alleviate the concerns of the public?

### Coping with consequence

In March 2011, a 9.0 magnitude earthquake off the northeast coast of Japan triggered a massive, 45-foot tsunami that overwhelmed more than 200 square miles of land. As shocking as the physical devastation to the immediate region was, it was soon overshadowed by what happened at the nearby Fukushima Daiichi nuclear facility. Within an hour of the quake, the multi-unit plant was disabled by the tsunami surge, causing a chain reaction that ultimately led to a partial core meltdown, the venting of radioactive gases, and the leakage of contaminated water. Although the earthquake's movement automatically shut

down the units in operation at the Daiichi facility, the subsequent loss of electrical power and inability to dissipate residual heat resulted in widespread damage to the containment buildings, reactor coolant systems, and spent fuel pools. Complicating the efforts of the operators to respond to the crisis was their inability to obtain a real-time picture of exactly what was happening at the plants.

Outside the industry, advocates on both sides of the nuclear power debate immediately recognized the cascading effect this event could have on current and future plant design and operations. Opponents of nuclear power believed it would permanently diminish the global role of nuclear technology as a viable, safe source of power. They saw the event as a visceral reminder of the uncertainties and risks of nuclear energy, and they argued that it called into question the concept of «defense in depth» as a means of defending against operating risks. Nuclear advocates, on the other hand, viewed the meltdown as an acutely localized phenomenon that was triggered by a single highly improbable event, with few implications for the entire industry. In their view, the safety features already built into the more recent generation of plant designs and the industry's decades-long history of safe operation proved the ongoing viability of nuclear power.

In addition, the Fukushima event shed light on the kinds of risks generally thought of as being extremely remote, yet having huge effects. These low-probability, high-consequence events, often called black swans, were also recently illustrated by the Deepwater Horizon BP oil spill and the near-global financial crisis of 2008. Executives now recognize that black swans don't just have the potential to cause a loss in financial value or business continuity; they can threaten a company's existence.

For their part, the leaders of the nuclear industry quickly acknowledged that a major turning point was at hand. The accident not only put at risk their ability to continue to run the more than 400 plants in operation around the world; it also threatened the opportunity that had emerged in recent years to pursue the industry's renaissance. Clearly, how leaders responded to the crisis would be pivotal in ensuring continued political, regulatory, and public support for the current operating fleet, and for developing and building the next generation of reactors.

The nuclear industry is still defining how it should structure and implement its response to the Fukushima disaster. Plant operators and regulators alike are rethinking how to make their risk analyses more rigorous, especially for low-probability, high-consequence events, and how to ensure that their operating models have the ability to sense and respond to such events. Although many changes have already been put in place, it will take several years for all of them to fully take hold.

If the industry is to respond properly to the Fukushima crisis, and if existing and new nuclear plants are to remain viable options for the world's energy future, nuclear owners must thoroughly reconsider how they think about and perform risk management and project execution. Successfully coping with existing and yet-to-be-written regulatory requirements while completing projects already under way will be critical to securing a future for nuclear power. Now is the time for the nuclear industry – owners, suppliers, and contractors alike – to develop both the sophisticated risk analysis and the leading performance management capabilities needed to ensure that future.

**Reaction and response**

The most immediately visible response to the events at Fukushima Daiichi, especially in countries dependent on nuclear power, did not come from regulators but from political leaders. In Japan, public support for nuclear power was already weakening at the time of the catastrophe. Suddenly, political leaders at both the national and prefecture levels were drawn into a debate that still continues, about whether to keep Japan's more than 50 other reactors offline, given their similarities with the Fukushima design and questions about local siting conditions. Within two months, all of Japan's plants were shut down; it was more than a year before the first one reopened, at Ohi in June 2012. Although Japan's response can be considered appropriately cautious, the German chancellor's decision in April 2011 to phase out all of Germany's nuclear plants by 2022 reflected the country's growing wariness of nuclear power, which had existed well before the incident in Japan. Even in France, the world's most nuclear-dependent country – where 75 percent of electricity is derived from nuclear energy – then-opposition leader and now president Francois Hollande had called for shutting down 28 of its 58 reactors by 2025.

Reactions also affected some of the proposals for nuclear energy expansion that had gathered momentum during the previous few years, reflecting the growth of emerging economies and concern about carbon emissions and climate change. Several countries that had been considering expanding their nuclear programs, including Switzerland, Italy, and Spain, decided to cancel all new construction. (The overall effect was small; fewer than 20 units were shelved.) Other countries, such as China, began reassessing their technology and siting options, but remained committed to continued expansion. The net effect of the shutdowns and cancellations was significant:

Approximately 15 percent of current capacity was taken offline (at least temporarily) by the end of 2011, and that figure could increase greatly, especially if the proposed shutdowns in Germany and France come to pass. The collapse of local support for restarting the Japanese plants that have been shut down, where municipal authorities are wrestling with the complexities of emergency preparedness, could reduce capacity even more (see Exhibit 1).

Despite these challenges, nuclear power's future is far from gloomy. Its long-term operating history is still recognized as exemplary throughout the world. And the ongoing commitment of power-hungry emerging economies like China, Korea, and the United Arab Emirates will probably keep

global nuclear capacity on an upward trajectory. Even if all the proposed shutdowns were to take place, nuclear power would remain a significant contributor to global power supply.

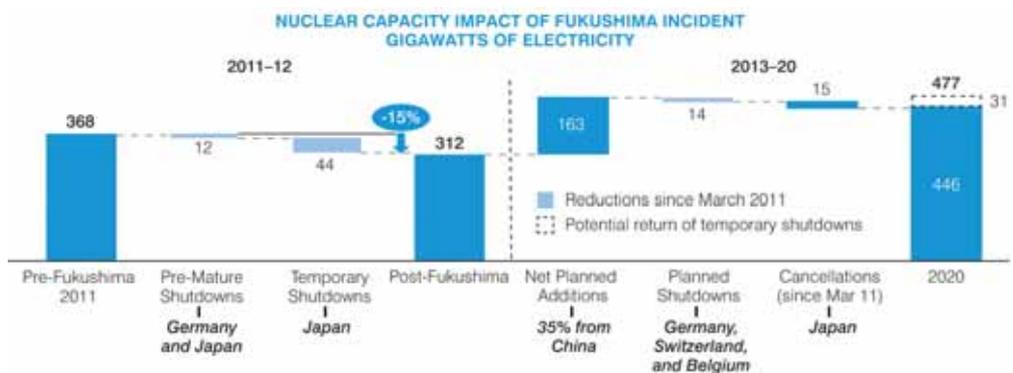
Currently, it accounts for about 368 gigawatts (GW) of installed capacity, providing 13 percent of the world's electricity output; an additional 116 GW or so is currently planned or under construction. If Japan were to permanently contract its nuclear fleet, global installed nuclear capacity would still amount to well over 400 GW, a meaningful contribution to the world's energy supply. But the potential contribution of nuclear power is much greater. With so much at stake, energy decision makers – including government leaders, regulators, and executives in the nuclear industry – must approach both the short- and long-term response to Fukushima pragmatically. To date, regulators have avoided overreacting and instead have taken a measured, fact-based approach to analyzing the impacts of Fukushima. This has had a valuable tempering effect and should continue. Just as importantly, the nuclear regulatory agencies appear to be concentrating on the less obvious root causes of catastrophic events, and considering how to build in better preventive measures and responses in the future.

**Charting a course**

As countries dependent on nuclear power move beyond their early, politically driven decisions, emphasis has turned to the regulatory process. Japan, the European Union, the United States, the UAE, China, and others have initiated safety reviews aimed at identifying plant modifications that may be needed at both existing plants and those planning or undergoing construction. In the United States, the Nuclear Regulatory Commission (NRC), widely considered a world leader in nuclear power oversight, acted promptly through its Fukushima Daiichi Near-Term Task Force, completing its review in July 2011.

The resulting recommendations are built on the «design basis» principle, which has long been the foundation for nuclear power reactor regulations. They include more stringent requirements for the design and construction of nuclear plants, intended to ensure that all such plants can withstand a more extreme accident than Fukushima without loss to the systems, structures, and components necessary to ensure public health and safety (see «Recommendations for Change,» page 10). The nuclear industry supports the NRC's first three orders, and experts believe they are relatively straightforward to implement. But it is less clear what will be the ultimate price tag of implementing the full equipment, instrumenta-

**Exhibit 1. The Impact of Fukushima on Global Fleet Capacity, 2011–20**



Note: Status as of July 2012, as reflected in the World Nuclear Association database. In Japan, the process for stress testing and restart is under way, but base case estimates assume conservative case where all units could stay offline. Source: WNA, IAEA, Nuclear News, Reuters, TEPCO, Booz & Company analysis

tion, and software fixes related to the current orders, and just how manageable or costly any forthcoming requirements will be.

How owners manage the requirements for sufficient and reliable backup power, for example, will be complicated by the fact that many utilities have already invested in various backup power options. If a more stringent regulatory order requiring additional backup capability is eventually released, the implications for the equipment already procured may be severe. And in cases where more sophisticated instrumentation or equipment is mandated, as in the orders related to spent fuel pool management and hardened containment vents, owner-engineers and equipment suppliers will need to collaborate on specifications for components and devices that meet the new requirements. They will then need to secure the equipment, conduct rigorous environmental and seismic qualification tests, and ultimately obtain NRC agreement on the acceptability of the new equipment before it is installed.

Owners in the U.S. will also need to increase their capital budgets for the existing fleet in the near term, to comply with emerging regulatory requirements. It is likely that the changed environment will affect their investment priorities related to planned refurbishments and unit capacity increases. Finally, they will need to improve their outreach to stakeholders, and tailor their communications to accommodate the changing political landscape and renewed public concerns. In general, nuclear energy retains the support of the U.S. public, but that support has diminished to some degree, and the opponents of nuclear power have been emboldened.

To date, most experts say that expenses – both ongoing costs and one-time investments – should be manageable within the U.S. nuclear power industry's total annual capital budget. (The cost estimates for compliance vary, and ultimately they will depend on the specific design and vintage of each individual plant). Moreover, there is no indication yet that the new rules will adversely affect the operating costs of nuclear plants, and thus the dispatch economics of delivering power to customers efficiently compared with coal and gas. That conclusion, however, assumes that implementing the plant hardware enhancements will not cause any appreciable unplanned or extended outages.

In short, the new safety requirements will not damage the long-term value proposition of maintaining or building nuclear reactors in the United States. The real challenge to the economics of nuclear power lies in the current low natural gas price environment, not the new safety requirements. If other countries implement similar regulatory regimes, planning for nuclear power's future will likely involve design modifications and enhanced administrative actions, not overhauling fundamental designs or abandoning new nuclear projects altogether.

What, then, should the owners and operators of the nuclear industry concentrate on doing in a post-Fukushima world, to secure a continued role in the global energy supply business? They should emphasize two critical capabilities. First, they should broaden their understanding of operating risk and its implications at both the plant and enterprise levels, with an eye toward prevention as well as improved response. Second, they should enhance their project management capabilities to successfully deliver the next generation of new nuclear units. Both of these capabilities require an increased level of transparency into the industry's decision-making processes and performance; this will be a challenge for many

leaders. But it also offers an opportunity for the industry to prove to the world its commitment to superior risk management, design, planning, and execution.

### Revisiting risk

It is still not fully clear how the new NRC recommendations will affect the U.S. nuclear fleet. One thing is certain, however: The way the industry has historically evaluated risk will have to change. In particular, the assessment of low-probability, high-consequence risks, such as conditions, will need to be revisited. Owner resiliency and responsiveness will need to increase. Probabilistic risk assessment, common in the industry since the 1979 accident at Three Mile Island in Pennsylvania, will assume an even greater role in ensuring nuclear safety in the future. Operators will have to develop enhanced risk analysis methodologies that can adequately address not only the full range of «traditional» postulated design-basis accident scenarios, but also the much more improbable black swan events. Finally, investment decisions will need to evolve to reflect this new risk environment.

The greatest degree of regulatory uncertainty surrounds the interpretation of the first recommendation of the NRC's Near-Term Task Force, which the commission's staff will consider over the next year. Its goal is to incorporate «beyond design basis» requirements within the definition of what is required to provide «adequate protection»: balancing considerations of defense and risk, without taking cost into account as a deterrent to action. The task force has pointed out that this move is analogous to regulatory changes enacted following the September 11, 2001, terrorist attacks. But it is potentially more far-reaching, given the wide range of possible black swan scenarios. Indeed, it is likely that the broadening of the underlying principle of adequate protection will markedly reshape the regulatory environment.

Traditional risk management approaches rely on estimating the likely consequences of potential events; they are not well suited for dealing with extremely low-probability, high-consequence risks. Black swan risks challenge the traditional approach because even when the events are anticipated, their impact falls outside the expected range of predictability. In the case of the tragic events in northeast Japan in March 2011, the black swan was not the earthquake and tsunami, which were foreseeable, but their sheer size. Another earthquake, the one that struck the East Coast of the U.S. in August 2011, was significantly stronger than what was thought possible in the region. The terrorist attacks on 9/11 represented another black swan event, not because terrorist attacks had never happened on U.S. soil – they had – but because of their scale, their means, and their enormous impact.

The U.S. nuclear industry must enhance its risk management capabilities in two ways. First, it must strengthen existing risk assessment methodologies to address extremely low-probability, high-consequence risks. This will involve improving existing processes and tools to identify potential risks from a much wider range of uncertainties than the industry has used in the past (see Exhibit 2). Traditional thinking about «known unknowns» must be expanded to include «unknown unknowns».

Scenario planning that includes situations that are themselves unimaginable can be a useful tool in expanding leaders' range of thinking about identifying risks and assessing vulnerabilities. In these exercises, management is challenged to begin with the premise of an unforeseeable

situation – like the apocryphal story of a wanderer in a desert who finds a Civil War battleship stuck in the sand there – and then to explore the potential vulnerabilities the situation may create. Often, when managers are required to construct a chain of causal events that could explain a seemingly inexplicable situation, a previously unthinkable scenario becomes plausible, even if still highly improbable. Another methodology used for expanding management's thinking about the future involves wargaming and other simulations of real-world challenges; the games mimic the complexity of genuine events, in which seemingly rational interactions among players or actions can result in unanticipated outcomes. A deeper examination of the interdependencies and correlations among various risk factors can also help unearth additional exposures and potential systemic effects.

Nuclear plant owners should be encouraged to build this risk identification capability in a collaborative manner. Utility peer groups, technical experts, and industry support entities should work together to develop analytical risk assessment tools and methodologies that individual plant owners and operators can use to quantify the probability and effect of plant-specific worst-case events. The techniques developed through this approach should be tailored to the culture and practices of the companies involved. They can also provide plant owners with best-in-class, cost-effective solutions to regulatory mandates, potentially streamlining the overall NRC review and concurrence cycle with respect to providing «reasonable assurance» regarding operating safety.

The end goal of this next generation of risk management is to develop an industry-wide approach to defining and quantifying Fukushima-level improbable events that will both satisfy any regulatory safety requirements and assuage public concerns, while being implementable and cost-effective. Since the concepts of reasonable assurance and adequate protection do not contemplate direct cost-benefit trade-offs, anything short of this goal may hurt the future of nuclear power.

A further – and perhaps even more important – imperative involves building the plant, enterprise, and industry resilience needed to withstand these unpredictable events. Nuclear operators will undoubtedly be required to implement certain measures to increase defense in depth, but they would be well advised to take an active approach to enhancing their risk management across the enterprise. This calls for embedding more effective capabilities to identify potential adverse events and outcomes and to anticipate a range of tailored responses.

### Recommendations for change

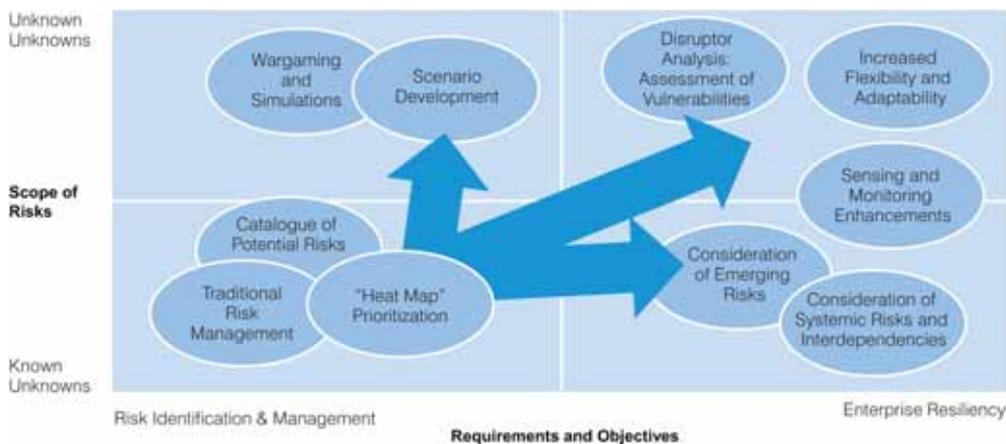
In July 2011, the NRC published recommendations stemming from the evaluation by its Near-Term Task Force of the Fukushima incident and the implications for its existing processes and policy direction. The Near-Term Task Force issued 12 recommendations for consideration.

1. Establish a logical, systematic, and coherent regulatory framework for adequate protection that appropriately balances defense in depth and considerations of risk.

2. Require licensees to reevaluate and upgrade as necessary their design-basis seismic and flooding protection.

3. Evaluate on a longer-term basis potential enhancements to the ability to prevent or mitigate seismically induced fires and floods.

4. Strengthen station blackout (SBO) mitigation capability at all operating and planned

**Exhibit 2. The Range of Enhanced Risk Management Capabilities**

reactors for design-basis and beyond design-basis external events, ensuring they keep running under all circumstances.

5. Require reliable, hardened vent designs in boiling water reactors with Mark I and Mark II containments.

6. Identify insights into hydrogen control and mitigation inside containment and other buildings.

7. Enhance spent fuel makeup capability and instrumentation for the spent fuel pool.

8. Strengthen and integrate on-site emergency response capabilities.

9. Require that facility emergency plans address prolonged SBO and multi-unit events.

10. Pursue additional emergency preparedness topics related to multi-unit and SBO events.

11. Pursue emergency preparedness topics related to decision making, radiation protection, and public education.

12. Strengthen regulatory oversight of licensee safety performance by focusing more attention on defense-in-depth requirements.

Subsequently, on March 12, 2012, the NRC issued the first regulatory requirements for the U.S. nuclear industry based on the highest priority (Tier 1) recommendations of the Near-Term Task Force. The three orders issued by the commission require safety enhancements at operating reactors and at new builds as well.

These orders require nuclear power plant owners to implement safety enhancements related to:

- creating mitigation strategies in response to extreme natural events resulting in loss of power (LOP) at plants
- ensuring reliable hardened containment vents
- enhancing spent fuel pool instrumentation

The orders require that these actions be completed within two refueling outage cycles, or by December 31, 2016, whichever comes first.

The commission also issued a request to all plants for the reevaluation of each site's seismic and flooding hazards using contemporary methodologies to perform site walk-downs to ensure protection against these hazards in their current design basis, and to reevaluate their emergency communication systems and staffing levels.

For the remaining Tier 1 recommendations of the Near-Term Task Force, the NRC has issued an advanced notice of proposed rulemaking for SBO regulatory actions, and anticipates issuing an advanced notice of proposed rulemaking on the strengthening and integration of emergency operating procedures, severe accident management guidelines, and extensive mitigation guidelines in the next several months. By mid-2012,

the NRC's staff plans to provide the commission with an outline of proposed actions related to the remaining Tier 2 and Tier 3 recommendations of the Near-Term Task Force.

### Delivering the new fleet

Most nuclear projects that were already planned or under construction at the time of the Fukushima catastrophe are still scheduled for completion – 76 plants as of July 2012 – but their status, collectively, has changed (see Exhibit 3). To retain its long-term credibility, the industry must also diverge as little as possible from its planned investment levels and schedule. If projects currently on the drawing board fail to deliver on expectations for cost and schedule performance, the ability to build the next-generation nuclear fleet will be impaired. Nuclear leaders can be in a good position to accomplish their goals only if they incorporate what they have learned from the challenges and outcomes of the last construction cycle and their recent experience with megaprojects.

The projects under way range from first-time efforts in non-OECD countries to additions to existing sites in developed countries; they include a mix of last-generation and cutting-edge technology. Their progress toward completion has been mixed; delays continue in Finland and France, but steady advancements are being made in China. Common problems among delayed projects include poor project coordination, productivity management, and quality conformance. The more successful projects all appear to be adhering rigorously to schedule milestones, cost control, and high labor productivity.

In this light, it is fortunate that the nuclear renaissance – the economic revitalization of the nuclear power industry, grounded in next-generation technology and practices that yield more effective return on investment, such as construction modularization and simpler reactor design – has begun slowly. This gives owners; original equipment manufacturers (OEMs); and engineering, procurement, and construction (EPC) groups time to work out the details of mobilization and construction and to improve the quality of project planning and execution preparedness. In the U.S., the test beds for demonstrating effective project management execution include the Southern Company and SCANA projects now under way, and TVA's completion of the long-idled Watts Bar 2 project. Since the Southern Company and SCANA projects are the nuclear renaissance's first new-build efforts in the U.S., they are under intense scrutiny: If they are safely completed close to planned cost and schedule estimates, more plants will follow. If not, the door may be closed for some time.

Unfortunately, large capital projects have a long history of underperformance caused by a number of issues, including poor estimating, incomplete design, escalating material costs, productivity shortfalls, quality nonconformance, and insufficient project oversight. Current new-build projects are not immune to these problems, either. In these projects, the engineering and construction consortia are likely working together for the first time; the team must rely on a largely international supply chain; and finding sufficiently experienced managers, technical support, and craft workers is difficult.

As a result, the estimated US\$7 billion to \$8 billion cost of a single new nuclear unit can easily be put at risk. Successful construction of a nuclear plant hinges on the ability of its owners to develop and deploy effective project management capabilities, including project planning, progress measurement, and direct oversight, as well as the detailed performance metrics and insightful reporting processes necessary to achieve a successful project outcome. A robust project capabilities framework that addresses all the activities required to complete construction, from project initiation through commissioning and closeout, can provide owners with a model for project management success, if it is effectively implemented (see Exhibit 4).

By itself, however, a well-designed project management framework will not ensure success. All too often, it is the failure to put the framework into practice that leads to trouble. Owners often face constraints in resources, limits to process rigor and controls, and infrastructure inadequacy. A poorly defined relationship between the owner and the EPC consortia can also place both parties in a confrontational relationship just when greater partnership and collaboration are necessary. The owners and the EPC consortia often rely on a narrow reading of the contract and how it governs the execution of the project, even though it may only provide guidance and it cannot factor in all circumstances that might arise. Finally, the parties involved may ignore the lessons of prior megaprojects, tainting the entire project environment with excessive hubris. These factors occur regularly, regardless of project type; any or all of them can be impediments to successful completion of large projects.

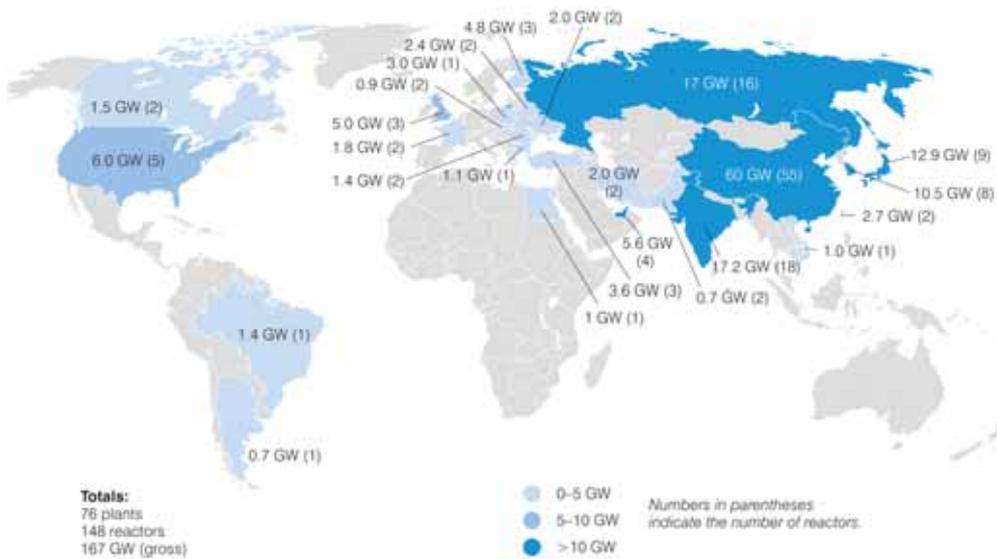
Well-defined project management capabilities are critical if owners are to provide effective oversight of their projects, whether they be uprates or new builds. (See «Capabilities for Managing Projects,» page 14.) Only when owners embed this capabilities framework in their delivery models and management processes and view it as a fundamental element of success can they be assured of managing their projects successfully.

### Capabilities for managing projects

During the last cycle of nuclear plant construction, extending through the 1980s and 1990s, the nuclear power industry was plagued by extensive cost overruns and schedule delays that it cannot afford to repeat. It must learn from experience and adopt much more rigorous approaches to project planning, execution, and oversight. These enhanced capabilities will need to include:

- Thorough up-front planning. The projects built during the last cycle suffered from incomplete design and a «fast-track» approach to construction. This time around, plant design must be essentially finalized to support definitive scope, cost, and schedule baseline definition and enable work packages to be fully prepared and

**Exhibit 3. Global Construction of New Nuclear Plants**



readied for field execution, which is critical to project success.

- **Robust risk management.** In the past, the analysis of project uncertainties and the allocation of project risk was often overly simplified and unrealistic. Owners and engineering, procurement, and construction firms now need to recognize that detailed, ongoing risk analysis is a prerequisite to successful projects and that risk apportionment must be effectively managed.
- **Integrated project governance.** Construction of nuclear plants must involve complicated multiparty arrangements if these projects are to be completed on time and within budget. Success depends on ensuring that the consortium's objectives, accountabilities, and incentives are aligned through structures and processes that enable integration and visibility.
- **Rigorous project controls.** Without continuous performance review, any project can quickly spiral out of control. An ongoing, exhaustive analysis of cost and schedule performance that provides detailed insight into the factors that might affect the project's performance is essential to ensuring its success.
- **Hands-on project management.** Parties to the contracts that govern the construction of plants often assume that they adequately define accountabilities and provide protection for how performance is to be delivered. Although these contracts can provide guidance, they are no substitute for direct and continuous project oversight.
- **Tailored delivery model.** Plants are often built using coordination models that are not well suited to meeting the inherent complexities of the

project. Successfully completing these megaprojects requires that seamless stakeholder, home office, and site collaboration occur to support project management and performance execution.

- **Targeted productivity focus.** Quality-related shortcomings in work execution that create the need to do the work over again have been a principal cause of cost and schedule changes and overruns. Anticipating just how such problems can occur and maintaining close oversight of the work performed are key to achieving the project's planned productivity levels.
  - **Strict change control.** Complexity and lack of clarity into the scope of projects create the basis for change notices and additional costs. Unexpected project cost and schedule changes can be avoided by adhering closely to the existing design and by demanding «must-have» versus «nice-to-have» qualification of any potential changes.
- Developing and executing on these capabilities can enable owners and EPCs to build and deploy the skills necessary to deliver the next cycle of nuclear projects closer to planned cost and schedule estimates. One need look no further than the problems experienced in building the Olkiluoto reactor in Finland, France's Flamanville reactor, and the Tennessee Valley Authority's Watts Bar 2 reactor to recognize that mastering these capabilities can make a meaningful difference in project performance. Making sure that every project meets its expectations and commitments will go a long way toward ensuring that nuclear power's much-ballyhooed renaissance can finally be realized.

**Fukushima's legacy**

The nuclear industry is no stranger to intense public and regulatory scrutiny, and strong reactions to the Fukushima accident were to be expected. The industry's reaction to the storm of criticism that followed demonstrated just how confidently and transparently it can deal with catastrophes. But the level of scrutiny will undoubtedly remain high in the post-Fukushima environment. Therefore, the industry must reassure both watchful regulators and the global public that the current nuclear operating fleet is safe. And it must be willing to demonstrate to the public that it is willing to submit to an increasingly rigorous regulatory regime. In doing so, however, owners must also recognize that the regulatory prescriptions demanded after Fukushima will likely be far less onerous than the diagnosis might have required.

The nuclear industry also needs to remind itself and its constituents (including the general public) of its track record. It has delivered worldclass operating performance and served as a model for safe and reliable operations over many decades. This gives it the political capital needed to participate in the coming debates on the future role of nuclear power.

But things also need to visibly improve. All eyes are on a number of projects in progress around the world, including the Southern Company, SCANA, and TVA projects under construction in the U.S. and the various new builds, power uprates, and life extension initiatives under way in multiple other countries. Everyone is also watching to see whether the industry can maintain its world-class operating performance. Leaders simply cannot withstand the reputational cost of anything close to a repeat of the prior cycle of nuclear construction.

The capabilities of intelligent risk management and high-touch project execution are most critical in this context. Owners and operators will need both capabilities to build the next round of new plants within established cost and schedule frameworks and to achieve the high levels of quality in construction and operations that they need. Building these capabilities is a critical step in establishing a «right to play» in energy generation and enabling the nuclear industry's future.

**About the Authors**

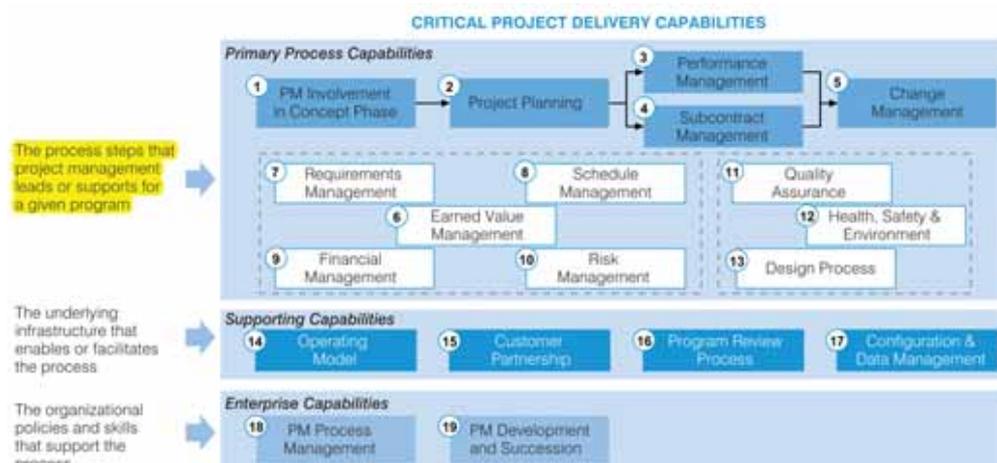
**Tom Flaherty** is a senior partner with Booz & Company based in Dallas. He specializes in the development of large nuclear capital projects and focuses on market assessment, project planning, management, execution, and risk analysis.

**Christopher Dann** is a partner with Booz & Company based in San Francisco. He specializes in project governance, decision support, project economics, and risk management, focusing on the planning and delivery of large capital projects.

**Michael Bagale** is a Dallasbased senior executive advisor with Booz & Company. He specializes in large nuclear capital project planning, management, and execution for both government and private sector clients.

**Owen Ward** is a senior associate with Booz & Company based in New York. He specializes in risk management and decision support for large capital projects with a focus on the power and chemical sectors.

**Exhibit 4. A Project Management Capabilities Framework**



# Концепция регионального развития атомной энергетики с учетом экспорта электроэнергии (на примере Сахалинской области)

**Геннадий ТЕПЛЯН**, вице-президент ОАО «НИАЭП»  
**Владимир ХАРИТОНОВ**, зам. директора ЭМИ НИЯУ МИФИ, д.ф.м.н., проф.  
**Игорь ЗАЙЦЕВ**, зам. начальника отдела ОАО «НИАЭП», д.т.н., проф. АВН  
**Владимир КОЛЫЧЕВ**, зам. декана НИЯУ МИФИ  
**Олег КОРОВЯКОВ**, нач. отдела ОАО «НИАЭП»  
**Юрий УДЯНСКИЙ**, гл. специалист ОАО «НИАЭП», к.т.н., с.н.с.

Правительство России поручило Минэнерго проработать проект объединения энергосистем России, Китая, Монголии, Южной Кореи и Японии. Предполагается, что возможность перетоков электроэнергии позволит оптимизировать использование генерирующих мощностей, так как пиковые нагрузки в разных регионах разнесены по времени. Проект, получивший название «Азиатское суперкольцо», был предложен еще в 1998 году, но не был реализован. После аварии на АЭС «Фукусима» 11 марта 2011 г. Япония предложила России вернуться к проекту и начать его реализацию с энергомоста в Японию [1].

Прорабатывается также вариант строительства газопровода для снабжения газом японских электростанций. Эксперты полагают, что сотрудничество с энергодефицитной Японией гораздо более перспективно, чем, например, с Китаем, активно наращивающим собственную генерацию. Предложения Японии об энергосотрудничестве с Россией были обозначены в августе 2012 г. в ходе встречи главного советника японского премьера Тадаши Маеды с главой Минэнерго Александром Новаком. Представитель Японии проинформировал министра о нарастающем энергодефиците Японии в связи с частичным замораживанием объектов атомной энергетики после аварии на АЭС «Фукусима» и проявил заинтересованность в наращивании поставок энергоресурсов из России. Япония, в частности, предложила России прокладку подводного кабеля из России в Японию для экспорта избыточной электроэнергии с существующих или планируемых к постройке генерирующих мощностей на Дальнем Востоке.

Минэнерго, в частности, сообщило, что проект «Азиатское суперкольцо» целесообразно реализовывать по частям. Минэнерго предлагало начать реализацию проекта «Азиатское суперкольцо» с наиболее проработанного проекта строительства энергомоста Россия–Япония. В 1999–2000 годах было выполнено предварительное технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта прокладки подземно-подводного кабеля для широкомасштабного экспорта электроэнергии (до 4 ГВт) с острова Сахалин до Японских островов. ТЭО предусматривало сооружение на Сахалине парогазовых электростанций мощностью 4 ГВт и линии постоянного тока 600 кВ протяженностью 600 км (в том числе под водой) и трех подстанций: 4 ГВт – на Сахалине, 1 ГВт – на острове Хок-



Г. Теплян  
G. Terkyan



В. Харитонов  
V. Kharitonov



И. Зайцев  
I. Zaytsev



В. Колычев  
V. Kolyuchev



О. Коровяков  
O. Korovyakov



Ю. Удянский  
Y. Udyansky

кайдо и 3 ГВт – на острове Хонсю. Ориентировочная стоимость проекта в 2000 году оценивалась в \$9,6 млрд. Однако, этот проект развития так и не получил. По результатам консультаций Минэнерго с ИнтерРАО ЕЭС в настоящее время поставки электроэнергии в Японию через акваторию Японского моря возможны по двум маршрутам – как с Сахалина, так и с пока еще энергоизбыточного Дальнего Востока. При этом ожидается, что в ближайшей перспективе энергосистемы Дальнего Востока перестанут быть избыточными, соответственно, реализация проекта в любом случае потребует строительства новых генерирующих мощностей. Строить их Минэнерго предлагает на Сахалине, энергосистема которого уже является дефицитной.

Известно, что Япония и раньше испытывала проблемы с электроэнергией, а после цунами и закрытия ряда АЭС ситуация с энергетикой стала еще хуже. Снижение поставок с АЭС там сейчас компенсируют газовой генерацией. Однако поставки электроэнергии по кабелю с Сахалина в любом случае будут дешевле, чем закупки сжиженного природного газа для собственных станций [1].

После аварии на АЭС «Фукусима» многие страны отказались или приостановили развитие атомной энергетики. В частности, в 2011 г. в Японии были остановлены все атомные энергоблоки, а строительство новых АЭС заморожено. В настоящее время в Японии простаивают 48 из 50 действующих энергетических реакторов, остановленных в течение года после аварии, за исключением энергоблоков №№ 3, 4 АЭС «Ои», которые возобновили работу в июне-июле 2012 г. Более того, в Японии сейчас обсуждается вопрос о полном отказе от развития атомной энергетики и выведении из эксплуатации всех действующих энергоблоков [2].

В связи с изложенным для развития дальневосточного региона России и удовлетворения спроса в электроэнергии Японии авторами предлагается рассмотреть инновационный вариант масштабного строительства на территории Сахалинской области ряда энергоблоков АЭС общей установленной мощностью в перспективе от 4 до 10 ГВт.

Данное предложение основывается на следующих концептуальных и принципиально важных соображениях.

1. С 3 мая 2012 г. вступило в силу соглашение между правительствами России и Японии о сотрудничестве в мирном использовании атомной энергии, которое было подписано в Токио 12 мая 2009 г. Это соглашение предусматривает сотрудничество по таким направлениям как разведка и добыча урана, про-

ектирование и строительство АЭС, поставка ядерных материалов, обеспечение ядерной и радиационной безопасности. В России соглашение было ратифицировано в декабре 2010 г., в Японии – в декабре 2011 г. В начале апреля 2012 г. посольство РФ в Японии и МИД Японии обменялись нотами о завершении внутригосударственных процедур, необходимых для вступления соглашения в силу.

2. Строительство АЭС в Сахалинской области необходимо прежде всего для ускоренного развития дальневосточных территорий Российской Федерации, что совпадает со стратегическими целями руководства страны. Указом Президента РФ от 21.05.2012 г. № 636 образовано новое министерство РФ по развитию Дальнего Востока.

3. Электроэнергия от Сахалинских АЭС с успехом может быть использована для энергоснабжения Японии, в чем она крайне заинтересована вследствие наступившего в настоящее время фактического кризиса в собственной энергетике. Осуществить передачу электроэнергии с острова Сахалин на японскую территорию достаточно просто по подводному кабелю через пролив Лаперуза (18 км).

4. Территория Сахалинской области вполне приспособлена для строительства АЭС: имеется действующий морской порт (Холмск), железная дорога проходит вдоль всего острова, имеются водные ресурсы и аэропорт. Выбор площадки размещения объектов АЭС не вызовет затруднений ввиду малой плотности населения.

5. Процесс строительства атомных станций приведет к созданию на острове новых рабочих мест, что положительно скажется на развитии населения и инфраструктуры в целом.

6. К строительству АЭС целесообразно привлечь японскую сторону, исходя из соображений поставки крупногабаритного и высокотехнологичного оборудования, освоения передовых технологий атомного машиностроения, финансовой поддержки проекта японской стороной. Кроме того, вместо конкурентных отношений Госкорпорации «Росатом» с такими компаниями, как Hitachi, Toshiba, Mitsubishi может быть налажено взаимовыгодное партнерство.

7. Совместное строительство АЭС может привести к частичному снятию или исключению «проблемы островных территорий», поднимаемой в последние годы японским руководством.

8. В настоящий момент сложилась уникальная ситуация, когда предложения российской стороны могут встретить положительный отклик из Японии. Указанное положение требует принятия решения без промедления.

**Таблица 1. Цена электроэнергии в некоторых странах (цены США/кВт·ч)**

Япония	Сахалинская область	США
20-28	6-13	11

Предложения подкрепляются также размерами современных цен на электроэнергию в Японии, Сахалинской области и, для примера, в США (см. табл. 1).

Очевидно, что цена электроэнергии в Японии существенно выше, чем в России. Данное обстоятельство представляется весьма важным при выборе стратегии развития энергетики Сахалинской области. Однако не только этот показатель должен выступать в качестве определяющего. В рассматриваемой ситуации требуется проведение детального ТЭО с использованием в качестве объекта исследования АЭС на основе проекта отечественного энергоблока. Следует отметить, что детальное ТЭО и выбор площадок для строительства обычно поручается отечественной или зарубежной специализированной компании (например, Warley Parsons). Подобный процесс занимает, как правило, от одного до нескольких лет. В этой связи авторы приняли решение провести приближенную оценку эффективности инвестиционного проекта «Строительство 4-блочной АЭС с реакторами ВВЭР-ТОИ в Сахалинской области» на основе известных методик, рекомендованных ЮНИДО [3] и МАГАТЭ [4], с использованием как экономико-аналитических [5], так и программных средств Project Expert.

**Метод исследования**

Из ряда количественных критериев эффективности инвестиционных проектов, широко используемых в практике инвестиционного и бизнес-анализа, а также проектного подхода к управлению, чаще всего используются три критерия [3]:

- 1) чистый дисконтированный доход (ЧДД, в оригинале Net Present Value – NPV);
- 2) внутренняя норма доходности (ВНД, или Internal Rate of Return – IRR);
- 3) дисконтированный период окупаемости (Discounted Payback Period – DPB).

По методологии МАГАТЭ [4] критерием эффективности является приведенная стоимость электроэнергии  $C_{lev}$  (долл./кВт·ч) – Levelized Discounted Electricity Generation Costs – LDEGC или просто «Levelized Cost». Это такой тариф, который следует взysкивать за каждую единицу электроэнергии, чтобы полностью возместить расходы, возникающие на всем жизненном цикле электростанции с учетом временной стоимости денег, то есть, тариф, при котором  $NPV=0$ . Ниже приводятся математические формулировки этих критериев.

**Чистый дисконтированный доход NPV** – это приведенная к начальному моменту времени стоимость будущих денежных потоков инвестиционного проекта (нарастающим итогом). В терминологии [4] NPV – это «net present worth of profits» или, фактически, накопленная «дисконтированная прибыль» с учетом окупаемости инвестиций. Величина будущего денежного потока в году  $t$  рассчитывается согласно [4] как разность между потоком ожидаемых ежегодных доходов (the cash flow of the expected Revenues)  $R_t$  (долл./год) в году  $t$  и потоком ожидаемых расходов (the cash flow of the expected expenditures)  $C_t$  (долл./год) в том же году  $t$  с учетом дисконтирования:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t - C_t}{(1 + p)^t}, \quad (1)$$

где  $p$  – ставка (норма) дисконтирования;  $T$  – год окончания экономического срока проекта (горизонт планирования). Моментом приведения здесь является начало первого года проекта. Отметим, что в различных публикациях ставку дисконтирования обозначают буквами  $r, d, p, E, i$  и др.

Согласно выражению (1) предпочтительными являются инвестиции с наибольшим положительным чистым дисконтированным доходом (не отрицательным). При положительном значении NPV вложение капитала в рассматриваемый проект является эффективным, а при отрицательном NPV – неэффективным. Иначе говоря, положительная величина NPV показывает инвестору, насколько выгоднее вложение средств в данный проект по сравнению с вложением в проект с доходностью  $p$  (например, хранением денег в банке с доходностью  $p$ ). В работах [4, 6] показано, как можно учесть факторы инфляции, неопределенности и риска при дисконтировании денежных потоков. В зарубежных проектах чаще всего используется ставка дисконтирования 0,05-0,1 год<sup>-1</sup> (5-10%/год). В нашем проекте принято  $p=0,1$  год<sup>-1</sup>.

**Внутренняя норма доходности (IRR)** – это такая ставка дисконтирования, при которой суммарный чистый дисконтированный доход от осуществляемых инвестиций равен нулю. То есть, при  $p=IRR$  величина  $NPV=0$ . Другими словами, затраты на проект равны его доходам на всем горизонте планирования. Экономический смысл данного показателя заключается в том, что он показывает максимальную норму доходности, то есть, определяет максимальную стоимость привлекаемого капитала, при которой инвестиционный проект остается выгодным. При дисконте  $p > IRR$  эффект проекта отрицателен ( $NPV < 0$ ), при меньших ставках дисконтирования – эффект положителен. Считается, что чем больше положительная разница  $IRR-p$ , тем устойчивее данный проект. В качестве естественной альтернативы техническому проекту инвестор рассматривает вложения своих средств в альтернативный проект (например, в банк под определенный процент  $b$ ). То есть, должны иметь место неравенства  $b < p < IRR$ .

**Дисконтированный период окупаемости** – это время  $T_{ок}$ , требуемое для покрытия инвестиций за счет денежного потока, генерируемого инвестициями. Этот критерий определяется последовательным расчетом  $NPV(t)$  как функции времени (рис. 1). Точка на оси времени, в которой  $NPV=0$ , будет являться точкой окупаемости.

Рассмотренные выше критерии эффективности инвестиционных проектов являются критериями коммерческой эффективности, то есть отражают интерес инвестора, направленный на достижение максимальной прибыли в наиболее короткие сроки.

**Приведенная стоимость электроэнергии  $C_{lev}$**  определяется согласно методике МАГАТЭ [4] из условия: сумма дисконтированных ожидаемых доходов от продажи электроэнергии по цене  $C_{lev}$  (долл./кВт·ч) равна сумме дисконтированных ожидаемых расходов на строительство и эксплуатацию электростанции. Иными словами,  $C_{lev}$  – это такой тариф, при котором  $NPV=0$ . Тариф в отсутствие дисконтированной прибыли имеет смысл «дисконтированной себестоимости» производства электроэнергии с учетом окупаемости инвестиций. Предпочтителен тот проект, для которого значение  $C_{lev}$  минимально.

То есть, критерий МАГАТЭ, определяемый как тариф безубыточности, в отличие от критериев UNIDO, оценивает общественную эффективность проекта, так как ориентирован на потребителя, заинтересованного в снижении тарифа на электроэнергию.

**Аналитические оценки для одного энергоблока**

Обозначим через  $T_c$  и  $T_o$  длительность строительства и эксплуатации энергоблока, причем, их сумма определяет горизонт планирования в (1)  $T=T_c+T_o$ . Период окупаемости  $T_{ок}$  будем отсчитывать от начала эксплуатации блока. В работе [5] в приближении «быстро строим ( $pT_c \ll 1$ ) и долго эксплуатируем ( $pT_o \gg 1$ )» и при неизменных ценах впервые получены аналитические взаимосвязи между критериями эффективности инвестиций (в расчете на один блок):

$$\frac{NPV}{K} \leq \frac{IRR}{p} - 1, \quad (2)$$

$$IRR \leq \frac{R - Y}{K}, \quad (3)$$

$$T_{ок} \geq \frac{1}{p} \ln \left( \frac{IRR}{IRR - p} \right), \quad (4)$$

$$C_{lev} \geq \frac{pK + Y_0}{E}, \quad (5)$$

В этих выражениях  $K$  – суммарные капитальные затраты (долл.);  $R=E \cdot C$  – ежегодная выручка (поток доходов, долл./год) от продажи электроэнергии по рыночной цене  $C$  (долл./кВт·ч);  $E$  – годовое производство электроэнергии (кВт·ч/год);  $Y=F+M$  – ежегодные эксплуатационные затраты (долл./год), включающие сумму затрат на топливо  $F$  (Fuel) и на эксплуатационное и техническое обслуживание  $M$  (Operation and Maintenance – O&M, в нашем случае вместе с налогами). В выражении (5) величина  $Y_0=F+M_0$  не равна  $Y$  из-за разницы в налогах, связанных с меньшей выручкой при меньшей цене продажи электроэнергии  $C_{lev} < C$ . Подстановка  $Y_0=F+M_0$  в (5) дает удобное определение приведенной стоимости электроэнергии в виде суммы трех слагаемых, соответствующих трем основным компонентам стоимости – капитальной, топливной и эксплуатационной.

Разность между выручкой  $R$  и эксплуатационными затратами  $Y$  (которые включают и налоги) представляет собой чистую годовую прибыль при работе блока. Отношение чистой прибыли к выручке называют рентабельностью продаж:  $r=(R-Y)/R$ . Здесь важно отметить особенность расчета прибыли российских АЭС. По постановлению правительства РФ №68 от 30.01.2002 г. из валовой прибыли вычитается резерв, предназначенный для обеспечения безопасности атомных станций на всех стадиях жизненного цикла и развития [7]. Величина резерва определяется по нормативам, установленным в процентах от выручки, и может достигать почти 40% выручки (но не менее 16,7%). Для оценки эффективности инвестиций величину резерва следует суммировать с чистой прибылью, так что для ядерной энергетики рентабельность продаж может составлять  $r \approx 0,20-0,45$ .

В качестве объекта исследования рассмотрено строительство в Сахалинской области 4-блочной АЭС по проекту ВВЭР-ТОИ. Параметры реактора ВВЭР-ТОИ для оценок эффективности инвестиций представлены в табл. 2.

Дополнительные исходные данные для экономической оценки предлагаемого проекта представлены в табл. 3.

Оценим критерии эффективности по формулам (2)-(5) при капитальных затратах на один блок \$4 млрд, отпускной цене на электроэнергию \$0,25/кВт·ч (экспортный вариант), рента-

бельности продаж электроэнергии  $r \approx 0,25-0,45$  (с учетом резерва) и норме дисконтирования  $p=0,1$  год<sup>-1</sup>. Пусть ежегодная выработка электроэнергии при КИУМ=0,85 составляет  $E \approx 9,5$  млрд кВт·ч/год, тогда годовая выручка будет  $R \approx \$2,4$  млрд/год, чистая прибыль  $R-Y = rR \approx \$0,6-1,1$  млрд/год. По формулам (2)-(4) получаем:  $IRR \approx 0,15-0,27$  год<sup>-1</sup>;  $T_{ок} \approx 11-5$  лет (от начала эксплуатации блока);  $NPV \approx \$1,9-6,7$  млрд на блок или  $\approx \$7,7-26,7$  млрд на 4-блочную АЭС. Для оценки приведенной стоимости электроэнергии будем считать, что эксплуатационная составляющая  $Y_0/E$  в (5) не превышает 45% от  $C_{лев}$  (напомним, что в  $Y_0$  включаются все налоги). В итоге получим  $C_{лев} \approx \$0,077/\text{кВт·ч}$ .

Как видно, эти оценки указывают на приемлемость проекта. При низкой рентабельности продаж критерии эффективности приближаются к неприемлемым значениям. Если продавать всю электроэнергию внутреннему потребителю по цене не выше  $\$0,1/\text{кВт·ч}$ , то проект становится неэффективным при тех же капитальных затратах.

### Численные оценки для 4-блочной АЭС

Численные расчеты с помощью программных комплексов типа Project Expert позволяют, в отличие от аналитических методов, корректно учесть множество реальных факторов. Мы ограничились лишь некоторыми из них. Рассмотрено несколько сценариев и вариантов развития. Первый сценарий предполагает:

- одинаковые удельные капитальные затраты на строительство каждого энергоблока, составляющие  $\$3500/\text{кВт·ч}$  (с учетом дополнительных инвестиций в НИОКР, обучения персонала и приобретения соответствующего оборудования);

- аренда земельного участка, отведенного под строительство, входит в состав затрат только первого энергоблока АЭС;

- инфляция отсутствует.

Второй сценарий предполагает:

- удельные капитальные затраты первого энергоблока  $\$3500/\text{кВт·ч}$  (полные –  $\$4375$  млн);
- удельные капитальные затраты второго, третьего и четвертого энергоблоков на 10% меньше, чем для первого;

- аренда земельного участка, отведенного под строительство, входит в состав затрат только первого энергоблока АЭС;
- инфляция отсутствует.

Во всех случаях общая продолжительность проекта составляет 67 лет; каждый следующий блок начинает строиться (и, соответственно, вводиться в эксплуатацию) на год позже предыдущего. Принято также, что 6% электроэнергии АЭС направляется российским потребителям по цене  $\$0,08/\text{кВт·ч}$ , остальное – на экспорт по цене  $\$0,24/\text{кВт·ч}$ . Средняя заработная плата персонала АЭС принята на уровне  $\$1500/\text{мес}$ . Величины налогов, учитываемых при расчете эффективности настоящего проекта, приведены в табл. 4.

Как следует из рис. 1 и табл. 5, где приведены результаты расчетов, показатели эффективности инвестиций по обоим сценариям мало отличаются и указывают на приемлемость проекта. Величина  $NPV \approx \$18$  млрд положительна и близка (в расчете на блок) к аналитической оценке (см. выше). Дисконтированный период окупаемости составляет примерно 9 лет после пуска первого блока или 6 лет после пуска последнего. Внутренняя норма доходности (IRR) около 19%/год, что также близко к аналитической оценке.

Учитывая неопределенность исходных данных по проекту, мы оценили чувствительность величин основных технико-экономических по-

Таблица 2. Основные характеристики проекта ВВЭР-ТОИ [8]

Наименование характеристики	Величина
Электрическая мощность энергоблока, МВт	1250
Расход электроэнергии на собственные нужды, МВт	75
Срок службы, год	60
Численность персонала, чел.	470
Подготовка площадки (до первого бетона), месяцы	12
Строительство (от первого бетона до физпуска), месяцы	42
Пусковой период (от физпуска до эксплуатации), месяцы	6
Стоимость установленного кВт, долл./кВт	3500
Себестоимость производимой электроэнергии, долл./кВт·ч	0,01
Составляющие капитальных затрат на строительство АЭС	
Прямые затраты	
Стоимость аренды земли, %	0,3
Оборудование ядерного «острова», %	21,9
Оборудование машзала, %	7,2
Электрооборудование, %	20,0
Охлаждающее оборудование, %	2,0
Различное оборудование, %	6,3
Строительство, %	19,4
Всего прямые затраты, %	77,1
Все косвенные затраты	
Проектирование, управление проектом, комиссионное вознаграждение, %	11,6
Прочие затраты	
Обучение, налоги, страховка, транспортные расходы, затраты собственника, запчастей, непредвиденные расходы, %	11,3

Таблица 3

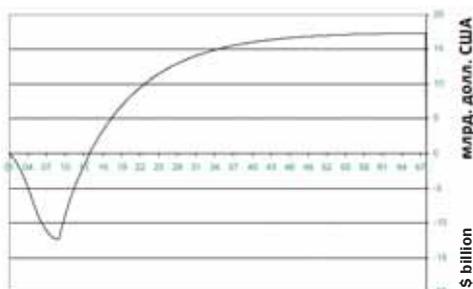
Наименование параметра	Величина
Средняя стоимость электроэнергии для российского потребителя, долл./кВт·ч	0,08
Средняя стоимость электроэнергии для японского потребителя, долл./кВт·ч	0,24
Госфинансирование, %	100
Софинансирование, %	50
Кредит в банке, %	5
Средняя зарплата персонала станции, долл.	1500

Таблица 4. Перечень налогов

Название налога	База	Период	Ставка
Налог на прибыль	прибыль	месяц	24 %
НДС	добав. стоимость	месяц	18 %
Налог на имущество	настраиваемая	квартал	2,2 %
ЕСН	зарплата	месяц	26 %

Таблица 5. Эффективность инвестиций для сценариев 1 и 2

Показатель	Для сценариев:	
	1	2
Ставка дисконтирования, %/год	10	10
Период окупаемости – РВ, мес. (от начала проекта)	126	124
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес. (от начала проекта)	156	151
Средняя норма рентабельности - ARR, %	28,5	30,7
Чистый приведенный доход – NPV, \$млрд	17,4	18,1
Индекс прибыльности – PI	2,40	2,56
Внутренняя норма доходности - IRR, %/год	18,6	19,3
Модифицированная внутренняя норма рентабельности – MIRR, %	11,43	11,54



**Рис. 1. Чистый приведенный доход проекта (NPV, \$млрд) как функция времени (годы) от условного начала проекта / Fig. 1. Net present value (NPV, \$ billion) as a time function (years) from conventional project start**

казателей проекта к изменению некоторых параметров (рис. 2-3). Как видно, наиболее чувствительна величина NPV к изменению цены и объема сбыта электроэнергии, которые варьировались в расчетах в пределах  $\pm 50\%$  от базовых значений. Эти же параметры (при их уменьшении относительно базового варианта) резко увеличивают период окупаемости проекта. Нетрудно показать, что эффективность инвестиций весьма чувствительна к величине капитальных затрат, а также срокам строительства АЭС.

**Оценка рисков проекта**

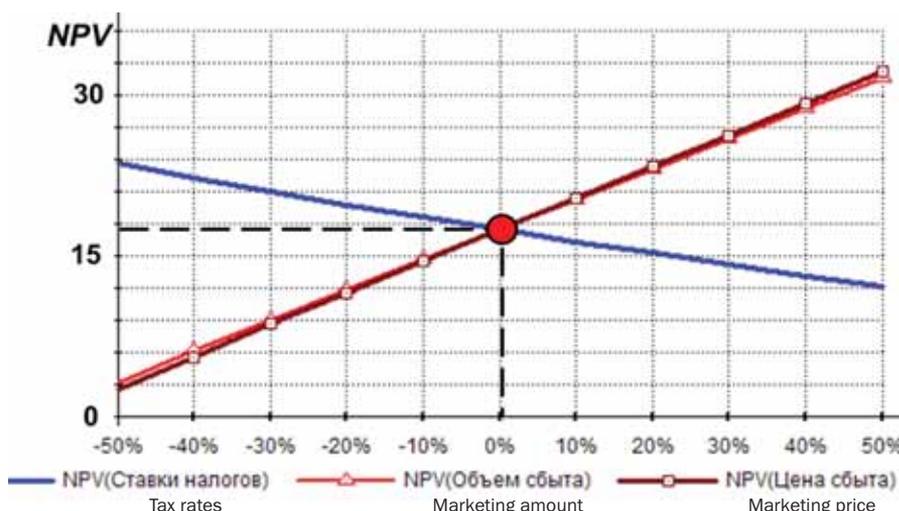
Авторы моделировали риски проекта с использованием метода Монте-Карло для сценария 1. В качестве неопределенных факторов были выбраны цена сбыта, объем сбыта, зарплата персонала, ставки налогов. Параметры вариации выбранных факторов были установлены в интервальном диапазоне 20% ( $\pm 10\%$  от базового значения). Значения каждого из факторов распределяются случайным образом по нормальному закону распределения в заданном диапазоне.

Диапазон значений чистого приведенного дохода NPV разбивается на заданное количество интервалов; в нашем случае на 1000, то есть, выполнены 1000 статистических экспериментов методом Монте-Карло. Было подсчитано число значений чистого приведенного дохода, попадающих в каждый интервал. Полученное значение делится на общее количество значений переменной. Гистограмма чистого приведенного дохода, приведенная на рис. 4, отражает частоту попадания значений переменной в каждый интервал. Характер гистограммы является унимодальным, что подчеркивает сконцентрированность величины NPV вокруг точки максимума; крайние правые и левые границы на кривой распределения отражают оптимистические и пессимистические значения величины NPV; наиболее вероятное значение NPV расположено в центре гистограммы и является модой распределения. Доверительный интервал был установлен в размере 95%.

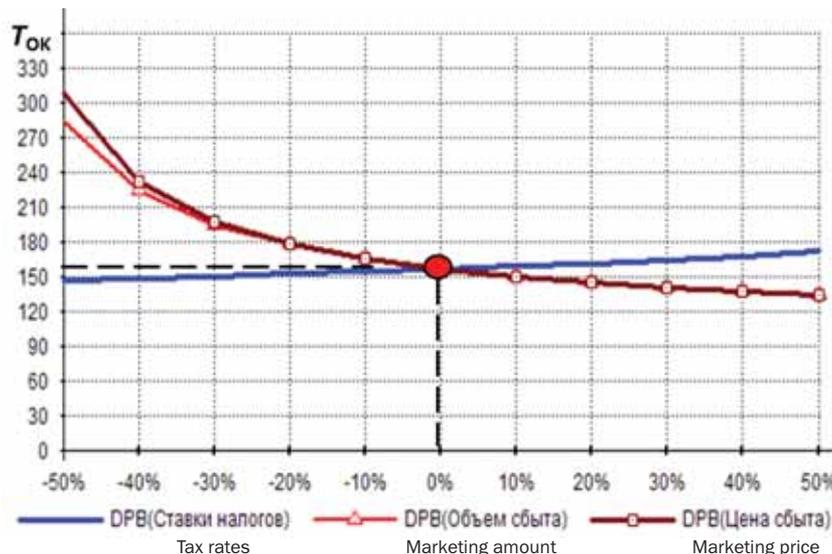
Поскольку гистограмма распределения величины NPV является унимодальной, можно рассчитывать на благоприятный исход реализации инвестиционного проекта, поскольку все значения NPV группируются вокруг средней величины, которая приблизительно совпадает с пиком. Риск реализации данного проекта, по мнению авторов, является допустимым.

**Выводы**

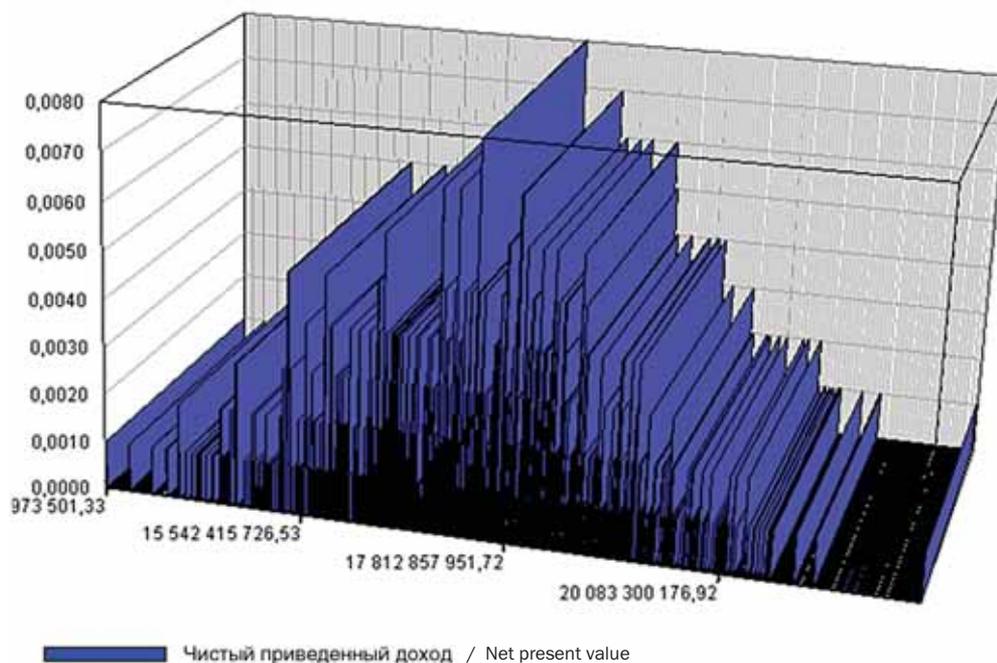
Приведенные результаты технико-экономического исследования возможности сооружения 4-блочной АЭС с реактором ВВЭР-ТОИ в Сахалинской области носят весьма предварительный характер. Тем не менее, как аналитические оценки, так и численные расчеты



**Рис. 2. График чувствительности NPV к изменению цены и объема сбыта электроэнергии, ставки налогов / Fig. 2. Sensitivity diagram of NPV to changes of price and electricity marketing amount, tax rates**



**Рис. 3. График чувствительности дисконтированного периода окупаемости проекта к изменению цен и объема сбыта, ставки налогов / Fig. 3. Sensitivity diagram of the discounted payback period of the project to price and marketing amount, tax rates**



**Рис. 4. Результаты моделирования рисков проекта (NPV под риском) с использованием метода Монте-Карло. По вертикальной оси отложены частоты попадания значений NPV в каждый из 1000 интервалов, по горизонтали – вероятные значения NPV / Fig. 4. Results of the project risks modeling (NPV under risk) with the use of Monte-Carlo method. The vertical axis exhibits frequencies of NPV entry into each out of 1000 intervals, the horizontal axis – possible value of NPV**

критериев эффективности инвестиционного проекта (чистого дисконтированного дохода NPV, внутренней нормы доходности IRR, периода окупаемости и приведенной стоимости электроэнергии CLEV) указывают на инвестиционную привлекательность проекта. Так, для ряда сценариев величина NPV положительна и достаточно велика, внутренняя норма доходности превышает 18-23%/год, а дисконтированный период окупаемости менее 10-12 лет. Анализ чувствительности критериев эффективности к неопределенности наиболее важных факторов (ставки дисконтирования и налогов, ставка привлечения кредита, цена и объем сбыта, капитальные затраты и т. д.) позволяет моделировать и выбрать области наиболее приемлемых экономических показателей проекта.

Анализ рисков проекта, выполненный методом Монте-Карло, также показал приемлемость проекта на данной стадии рассмотрения.

Решение о реализации того или иного проекта зависит не только от его инвестиционной привлекательности. Большую роль в принятии решения играет масштаб влияния данного проекта на экономику региона. Иначе говоря, в принятии решения играет роль не столько прямой эффект проекта, сколько мультипликативный, синергетический эффект. При большом мультипликативном эффекте требования к эффективности собственно проекта могут быть и снижены.

Приведенные в данной работе результаты показывают, что проект строительства 4-блочной АЭС с реактором ВВЭР-ТОИ с учетом продажи электроэнергии в Японию имеет перспективу и нуждается в дальнейшей более тщательной проработке.

#### Литература

1. Агентство новостей <http://news.astv.ru/news/18187> 14.11.2012.
2. [www.Nuclear.ru](http://www.Nuclear.ru), 01.02.2013.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике: рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лишиц В.Н., Шахназаров А.Г. М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
4. Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants. Technical Reports Series No. 396, IAEA, Vienna, 2000. (Серия технических отчетов № 396. Экономическая оценка тендерных предложений в отношении атомных электростанций. МАГАТЭ, Вена, 2000).
5. Харитонов В.В., Молоканов Н.А. Аналитическая модель стратегии саморазвития ядерной энергетики. Экономические стратегии, 2012, № 5, с.88-98; №6-7, с.2-14.
6. COST ESTIMATING GUIDELINES FOR GENERATION IV NUCLEAR ENERGY SYSTEMS. Revision 4.2. September 26, 2007. Prepared by The Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum. Printed by the OECD Nuclear Energy Agency. GIF/EMWG/2007/004.
7. Правила отчисления предприятиями и организациями, эксплуатирующими особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты (Атомные станции), средств для формирования резервов, предназначенных для обеспечения безопасности атомных станций на всех стадиях их жизненного цикла и развития (в ред. Постановлений Правительства РФ от 05.12.2003 N 737, от 21.01.2005 N 33, от 24.02.2009 N 164, от 19.11.2012 N 1189). Постановление Правительства РФ № 68 от 30.01.2002 г.
8. Анализ конкурентоспособности // Г. Аркадов, О. Колтун, А. Крошили, А. Москалев, С. Соловьев/ Росэнергоатом, 2012, №12, с. 22-25.

## Conception of regional nuclear-power Industry development in view of power export (by the example of the Sakhalin region)

**Gennady TEPKYAN, vice-president, JSC NAIEP**  
**Vladimir KHARITONOV, deputy director, EAI NIYAU MIFI, doctor of physical and mathematical sSciences**  
**Igor ZAYTSEV, deputy chief of department, JSC NIAEP, doctor of engineering sciences, professor of warfare academy**  
**Vladimir KOLUCHEV, deputy dean, NIYAU MIFI**  
**Oleg KOROVYAKOV, deputy chief of department, JSC NIAEP**  
**Yuri UDYANSKY, chief specialist, JSC NIAEP, bachelor of engineering sciences, senior scientist**

The Russian government assigned Ministry of Energy to elaborate a project for consolidation of energy systems of Russia, China, Mongolia, the South Korea and Japan. It is assumed that a power exchange opportunity will allow optimizing the usage of generating power since peak loads in different regions are diverse in time. The project called Asian Super Ring was put forward in 1998 but was not implemented. After the Fukushima NPP accident on March 11, 2011 Japan suggested that Russia should return to the project and start its implementation with an energy bridge in Japan [1].

A variant of a gas pipeline construction to supply Japanese electrical plants with gas is also considered. Experts believe that partnership with an energy deficient Japan is much more prospective if compared with China that actively increases in-house generation. Japan put forward proposals for partnership with Russia in the energy sphere in August, 2012 during the meeting of Tadashi Maeda, Chief Counselor of the Japanese Prime Minister, with Alexander Novak, Head of Ministry of Energy. The Japanese representative informed the minister on the increasing energy deficiency in Japan due to a partial freezing of nuclear facilities after the Fukushima accident and expressed his interest in increasing energy recourses procurement from Russia. Japan, in particular, proposed that Russia should lay a submarine cable from Russia to Japan to ship surplus electrical energy from existing or planned generating power on the Far East.

Ministry of Energy, particularly, informed that it is reasonable to implement the project Asian Super Ring by stages. Ministry of Energy suggested starting implementing the project Asian Super Ring with a most elaborated project for an energy bridge construction Russia–Japan. In 1999–2000 was prepared a preliminary feasibility study of the project for laying an underground-submarine cable for a full-scale export of electrical energy (up to 4 GW) from Sakhalin Island to the Japanese islands. The feasibility study assumed construction on Sakhalin of steam-gas electrical plants with installed capacity 4GWt and DC lines stretching for 600 km (including under water) and also construction of three substations: 4GW – on Sakhalin Island, 1GW – on Hokkaido Island and 3GW – on Honshu Island. In 2000, the tentative project price was estimated to be \$9,6 billion. However, this project did not gain further development. Following consultations of Ministry of Energy with Inter RAO EES, currently energy procurement in Japan through the Japanese sea is performed by two available routes – from Sakhalin and from yet the surplus energy Far East. It is expected that in the near future energy systems of the Far East will stop being surplus, and consequently, implementation of the project anyway will require construction of new generating power. Ministry of Energy suggests their construction on Sakhalin, the energy system of which is already deficient.

It is known that Japan has faced problems with energy before, and after the tsunami and shutdown of several NPPs situation with energy worsened. Now

they are generating gas to compensate for a decline in NPP energy generation. Nonetheless, energy shipment though a cable from Sakhalin will be anyway cheaper than procurement of liquefied natural gas for their own plants [1].

After the accident on Fukushima NPP many countries rejected or froze nuclear energy development. Particularly, in 2011 in Japan were shutdown all the Units, and constructions of new NPP was frozen. Nowadays, 48 out of 50 Japanese Units are not in operation, they were shutdown during a year after the accident. NPP Oi Units 3&4 were again commissioned in June-July 2012. Moreover, Japan is discussing the issue of complete refusal from the nuclear energy development and that of decommissioning of all the operating Units. [2].

In the view of the above-mentioned, to develop the Far Eastern Russian region and to satisfy the energy needs of Japan, the authors suggest considering an innovative variant of a full-scale construction on the territory of the Sakhalin region of several NPP Units with overall installed capacity from 4 to 10 GW in prospects.

This suggestion is based on the following conceptual and important reasons:

1. On May 3, 2012 came into force the agreement between the Russian and Japanese governments on partnership in peaceful uses of atomic energy that was signed on May 12, 2009 in Tokio. This agreement envisages partnership in prospecting and extraction of uranic ore, designing and construction of NPP, nuclear materials procurement, provision of nuclear and radiation safety. The agreement was ratified in Russia in December, 2010, in Japan – December, 2011. At the beginning April, 2012 Embassy of Russia in Japan and Japanese Ministry of Foreign Affairs exchanged notes on completion of internal state procedures necessary for the agreement to come into force.

2. Construction of a NPP in the Sakhalin region is, first of all, necessary to expedite development of the Far Eastern Russian territories, what is concurrent with the state strategic targets. By the law of the Russian President dated 21.05.2012 № 636 was established a new ministry of Russia of the Far East development.

3. Electricity from NPPs in Sakhalin may be successfully used for energy supply in Japan, what is up to the country's interests due to an actual crisis in its energy sphere. Electricity may be shipped from Sakhalin to Japan through an underwater cable along the La Perouse Strait (18 km).

4. The Sakhalin territory is rather suitable for a NPP construction: there is an acting sea port (Kholmok), a railway that stretches along the entire island; there are water resources and an airport. Selecting of a NPP site should not arouse any difficulties in the view of low population density.

5. Construction of new NPPs will lead to new work places creation, what upon the whole will positively impact on population development and infrastructure.

6. It is reasonably to engage the Japanese party in the NPP construction basing on the following considerations: procurement of large-size and high-technological equipment, mastering of state-of-the-art technologies in nuclear machine engineering, financial support of the project by the Japanese party. Besides, a mutually beneficial partnership of the State Corporation Rosatom with Hitachi, Toshiba, and Mitsubishi may replace competitive relations.

7. The joint NPP construction may lead to a partial solution or exclusion of the «islands issue» raised by the Japanese government in the recent years.

8. Presently, there is a unique situation when suggestions of the Russian party may find response from Japan. The specified state of affairs calls for immediate solution.

**Table 1. Prices for electricity in certain countries (US cent/kW per hour)**

Japan	The Sakhalin region	USA
20-28	6-13	11

The proposals are substantiated by modern prices for electricity in Japan, the Sakhalin region and, for instance, in the USA (see table 1).

Evidently, that the price for electricity in Japan is substantially higher than in Russia. This fact plays an important role when choosing a strategy of the Sakhalin region energy development. However, not only this factor should be determining. In the considered situation it is necessary to carry out a detailed feasibility study using a domestic Unit project. It is worth mentioning that a detailed feasibility study and site selection is usually the assignment of a domestic or a foreign specialized company (for instance, Warley Parsons). Such process, as a rule, takes from one to several years. In this connection the authors have decided to perform an approximate estimation of the investment project efficiency «Construction of a NPP with four Units with VVER-TOI reactors in the Sakhalin region» on the basis of the known methods, recommended by UNIDO[3] and IAEA [4], using economical– analytical [5] and software solutions of Project Expert.

#### Research method

Out of a number of quantitative efficiency criteria of investment projects widely used in investment and business-analysis and also in designing approach to management are commonly used the following three criteria [3]:

- 1) Net Present Value (NPV);
- 2) Internal Rate of Return (IRR);
- 3) Discounted Payback Period (DPB).

As per IAEA methodology [4] an efficiency criteria is current electricity price Clev (\$/kWt per hour) – Levelized Discounted Electricity Generation Costs – LDEGC or simply «Levelized Cost». It is a tariff that is imposed on each electricity unit to fully compensate expenditures that occur throughout the entire life cycle of the plant with account of tentative cost of money, i.e. it is a tariff with NPV=0. Further are given mathematical formulae for these criteria.

Net Present Value (NPV) – is current value of the investment project cash flows. In terms [4], NPV – is net present worth of profits. The amount of future cash flow in a year t is calculated [4] as difference between the cash flow of the expected revenues Rt (\$/year) in a t year and the cash flow of the expected expenditures Ct (\$/year) in the same t year with account of discounting:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t - C_t}{(1+p)^t}, \quad (1)$$

Where p – discounting rate (norm); T – final year of a project economic period (planning horizon). The current moment there is beginning of the first year of the project. It is worth mentioning, that in different publications a discounting rate is marked by the letters r, d, p, E, i and others.

As per the formula (1) preferable are investments with the major positive net present value (not negative). If NPV has a positive value, then investments in the considered projects are effective, if NVP has a negative value – ineffective. To put it another way, a positive NPV value indicates how much profitably investments in the given project are in comparison with investments in a project with p revenues (e.g. bank deposit with p revenue). Publications [4,6] show how factors of inflation, indetermination and that of risks of discounted cash flows may be taken into account. Foreign projects more frequently use a discounting rate of 0,05-0,1 year<sup>-1</sup> (5-10 %/year). Our project adopted the rate of p=0,1 year<sup>-1</sup>.

Internal Rate of Return (IRR) – is a discounting rate when a total net present value of investments is equal to zero. That is when p=IRR the value NPV=0. In other words, expenditures on a project are equal to

its revenues throughout the whole planning horizon. The economic sense of this index is that it shows a maximum revenue norm, i.e. defines a maximum price of the drawn capital at which the investment project remains profitable. When p>IRR the project effect is negative (NPV<0), when discounting rates are lower – the effect is positive. It is assumed that the more positive difference IRR-p is the more stable the project is. As an alternative to a technical project, investor considers his investment into an alternative project (e.g. bank deposit with an interest b). That is should exist inequations b<p<IRR.

Discounted payback period – is time TOK, required for recovery of investments due to the cash flow generated by investments. This criteria is defined by a consecutive calculation NPV(t) as of time function (fig.1). The point on the time axis, where NPV=0, will be a breakeven point.

The above considered criteria of investment projects efficiency are criteria of commercial efficiency, i.e. they reflect investor's interest directed towards acquisition of maximum profit in the shortest terms.

Current Electricity price Clev is calculated as per the IAEA method [4] on the condition: sum of the discounted expected revenues from electricity sale at a price Clev (\$/kWt per hour) is equal to the sum of the discounted expected expenditures on construction and station operation. In other words, Clev is such a tariff when NPV=0. Tariff in the absence of discounted revenue has a sense of a «discounted prime cost» of electricity generation with account of investment recoupment. A more preferable project is that for which Clev value is minimal. That is, the IAEA criterion, defined as a break-even tariff by contrast with UNIDO criteria assesses social efficiency of the project, since it is oriented to a consumer interested in the decrease in electricity tariff.

#### Analytical estimations for one power unit

Let us mark by T<sub>c</sub> and T<sub>o</sub> construction term and unit operating period, at that their sum defines the planning horizon in (1) T=T<sub>c</sub>+T<sub>o</sub>. The break-even period T<sub>OK</sub> will calculate from the start of the Unit operation. In the publication [5] in approximation «quickly build (pTC<<1) and long operate (pT<sub>o</sub>>>1)» and at constant prices for the first time have been gained analytical interrelations between investments efficiency criteria (in calculations for one Unit):

$$\frac{NPV}{K} \leq \frac{IRR}{p} - 1, \quad (2)$$

$$IRR \leq \frac{R - Y}{K}, \quad (3)$$

$$T_{OK} \geq \frac{1}{p} \ln \left( \frac{IRR}{IRR - p} \right), \quad (4)$$

$$C_{lev} \geq \frac{pK + Y_0}{E}, \quad (5)$$

In these formulae K – summed capital expenditures (\$); R=E·L – annual revenue (cash flow, \$/year) derived from electricity sale at a market price L (\$/kW per hour); E – annual electricity generation (kW per hour/year); Y=F+M – annual operation expenditures (\$/year) that include fuel expenditures F and operation and maintenance expenditures M (Operation and Maintenance – O&M, in our case with taxes). In the formula (5) the value Y<sub>0</sub>=F+M<sub>0</sub> is not equal to Y due to a tax difference connected with a lower revenue at a lower price of electricity sale Clev<L. The substitution of Y<sub>0</sub>=F+M<sub>0</sub> in (5) provides an easy calculation of the current electricity price in a sum of three summands that correspond to the three basic price components – capital, fuel and operation. The difference between the revenue R and operating expenditures Y (that include taxes as well) is net annual revenue from Unit operation. Proportion of net profit to revenue is called profit margin r=(R-Y)/R. Here, we should mention the specifics of the Russian NPP profit calculation. As per the resolution of the Russian government № 68 dated 30.01.2002 from the gross margin subtracts a provision necessary for safety maintenance of nuclear power plants all on the stages of their life cycle and development [7]. The provision value is defined by norms established in revenue percentages and may amount to 40% of the

revenue (but not less 16,7 %). To estimate investment efficiency it is necessary to sum the provision value with the net profit. The profit margin of the nuclear energy may amount to r≈0,20-0,45.

Let us consider construction of a NPP with four Units of VVER TOI type in the Sakhalin region as a research object. The VVER TOI reactor parameters for efficiency estimation are given in table 2.

Extra initial data for an economic estimation of the suggested project are given in table 3.

Let us estimate the efficiency criteria as per the formulae (2)-(5) at capital expenditures on one Unit of \$ 4 billion, disbursing price at electricity 0,25 \$/kW per hour (an export variant), return of electricity sales r≈0,25-0,45 (with provision account) and at a discounting norm p=0,1 year<sup>-1</sup>. Let annual electricity generation at ICUF=0,85 amount to E≈9,5 billion kW per hour/year, then annual revenue will be R≈2,4 \$ billion/year, net profit R-Y=rR≈0,6-1,1 \$ billion/year. Using the formulae (2)-(4) we get: IRR≈0,15-0,27 year<sup>-1</sup>; TOK≈11-5 years (from the start of Unit operation); NPV≈1,9-6,7 \$ billion per Unit or ≈7,7-26,7 \$ billion for a NPP with 4 Units. To estimate the current electricity price let us assume that an operating component YO/E in (5) does not exceed 45% from Clev (YO includes all the taxes). In result we get Clev≈0,077 \$/kWt per hour.

These estimations indicate acceptability of the project. At a low return on sales the efficiency criteria approximate to unacceptable values. If sell all electricity to home consumer at a price no higher than 0,1 \$/kWt per hour, then the project becomes inefficient at the same capital expenditures.

#### Quantitative estimations for a 4 Units NPP

Quantitative calculations with the help of software complexes of Project Expert type enable, as distinct from analytical methods, correctly take into consideration many real factors. We considered only some of them. We have considered some scenarios and variants of development. The first scenario assumes:

- the same specific capital expenditures on construction of each Unit that amount to 3500 \$/kW per hour (with account of extra investments in R&D, personnel training and purchase of the corresponding equipment);
- rent of a land lot designated for construction. It is a part of expenditures only on the first Unit of NPP;
- inflation is absent.

The second scenario assumes:

- specific capital expenditures on the first Unit 3500 \$/kWt per hour (full – 4 375 \$ billion);
- specific capital expenditures on Unit 2,3,4 are by 10% less than for Unit 1;
- rent of a land lot designated for construction. It is a part of expenditures only on the first Unit of NPP;
- inflation is absent.

In the both cases the total project duration is 67 years; each further Unit is built (and consequently is decommissioned) one year after the previous Unit. It is also accepted that 6% of NPP energy is directed to Russian consumers at a price of 0,08 \$/kW per hour and the rest – to export at a price of 0,24 \$/kW per hour. Average salary of NPP personnel is taken of 1500 \$/month. The tax values, taken into account when assessing efficiency of this project are given in table 4.

As seen from figure 1 and table 5 where the calculation results are given, the efficiency criteria on the both scenarios are not very different and suggest acceptability of the project. The value NPV≈18 \$ billion is positive and approximates to the analytical estimation (see above). The discounted payback period is approximately 9 years after commissioning of the first Unit or 6 years after decommissioning of the last. The internal Rate of Return (IRR) is about 19 % per year, what also approximates to the analytical estimation.

Taking into consideration indefiniteness of the project initial data, we estimated sensitivity of the main feasibility project indices to change of some parameters (fig 2-3). As seen, the value is NPV is the most sensitive to changes of price and electricity marketing amount that varied in calculations within

±50 % from the basic values. The same parameters (at their decrease against the basic variant) surge the payback period of the project. It is not difficult to demonstrate that investment efficiency is rather sensitive to capital expenditures and NPP construction terms.

**Assessment of project risks**

The authors modeled the project risks using Monte-Carlo method for scenario 1. Marketing price, marketing amount, personnel salary, tax rates were selected as indefinite factors. Variation parameters of the selected factors were set in the range 20% (±10% from the basic value). Values of each factor are distributed as per a normal distribution law in the set range.

The value range of the net NPV profit is divided into a set intervals number; in our case into 1000, i.e., a thousand of static experiments by Monte Carlo method was performed. A number of the net profit values that enter each interval were summed. This value is divided into a total value number of the variable. The bar chart of the net profit, shown in figure 4, demonstrates frequency of the variable values entry into each interval. The bar chart nature is unimodal what underscores concentration of the NPV value around the maximum point; the extreme left and right boundaries on the distribution curve show optimistic and pessimistic values of NPV; best possible value of NPV is in the center of the bar chart and is a distribution mode. A confidence interval was set 95%.

As the bar chart of NPV distribution is unimodal, the investment project implementation is likely to be favorable, since all the NPV values are grouped around a mean value that approximately coincides with a peak. Risk of this project implementation, to the authors' minds, is acceptable.

**Conclusion**

The revealed findings of the feasibility study of a NPP with 4 units construction in the Sakhalin region are rather preliminary. Nonetheless, analytical estimations and quantitative calculations of efficiency criteria of the investment project (net present value NPV, internal rate of return IRR, discounted payback period and current electricity cost CLEV) suggest the project investment attractiveness. Thus, for a number of scenarios the NPV value is positive and rather high, the internal rate of return exceeds 18-23 % per year, and the discounted payback period is not less than 10-12 years. The sensitivity analysis of criteria efficiency to indefiniteness of the most important factors (discounting rates and taxes, rate of credit involvement, marketing price and amount, capital expenditures etc.) enables to model and select areas of most acceptable economic indices of the project.

The project risk analysis performed with the help of Monte-Carlo method, has also suggested the project acceptability on this consideration stage.

Decision on implementation of this or that project depends not only on their investment attractiveness. A considerable role in decision-making plays the project impact on the regional economy. In other words, not a direct project effect plays a part in decision-making, but a multiplicative, synergic effect. If a multiplicative effect is great, requirements to a project may be relaxed.

The findings, suggested in this article indicate that the project for a NPP with 4 Units of VVER-TOI type construction with account of electricity export to Japan is perspective and requires further detailed study.

**References:**

1. News agency <http://news.astv.ru/news/1818714.11.2012>.
2. [www.Nuclear.ru](http://www.Nuclear.ru), 01.02.2013.
3. Methodic recommendations for efficiency assessment of investment projects (second edition) /M-try of economy RF, M-try of finance RF, SC for construction, archit. And housing policy: V.V. Kossov, V.N. Lifshits, A.G. Shakhnazarov, Moscow: JSC NPO Publishing house Ekonika, 2000. – 421 pp.

**Table 2. Main VVER TOI project characteristics [8]**

Characteristic	Value
Electrical Unit power, MW	1250
Service consumption, MW	75
Design life, year	60
Personnel number, people	470
Site preparation (till the first grouting), months	12
Construction (from the first grouting to a physical start-up), months	42
Start-up period ( from a physical start-up till operation), months	6
kWt price, \$/kW	3500
Prime cost of generated electricity, \$/kW per hour	0,01
Make-up components of capital expenditures on NPP construction	
Direct expenditures	
Land rent cost, %	0,3
Nuclear Island equipment, %	21,9
Turbine hall equipment, %	7,2
Electrical equipment, %	20,0
Cooling equipment, %	2,0
Miscellaneous equipment, %	6,3
Construction, %	19,4
Total direct expenditures, %	77,1
All indirect expenditures	
Designing, project management, commission bonus, %	11,6
Miscellaneous expenditures	
Training, taxes, insurance, transport expenditures, owner expenditures, spare parts, unanticipated expenditures, %	11,3

**Table 3**

Parameter	Value
Average electricity cost for a Russian consumer, \$/kW per hour	0,08
Average electricity cost for a Japanese consumer, \$/kW per hour	0,24
Public funding, %	100
Co-funding, %	50
Bank loan, %	5
Average salary of plant personnel, \$	1500

**Table 4. Tax list**

Tax	Base	Period	Rate
Tax on profits	profit	Month	24 %
VAT	Added value	Month	18 %
Property tax	adjustable	Quarter	2,2 %
UST	Salary	Month	26 %

**Table 5. Investment efficiency for scenarios 1 and 2**

Factor	For scenarios:	
	1	2
Discounting rate, %/year	10	10
Payback period – PB, month (from project start)	126	124
Discounted payback period – DPB, month. (from project start)	156	151
Average Return Rate – ARR, %	28,5	30,7
Net present value – NPV, \$ billion	17,4	18,1
Profit index – PI	2,40	2,56
Internal Rate of Return – IRR, %/year	18,6	19,3
Modified Internal Rate of Return – MIRR, %	11,43	11,54

4. Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants. Technical Reports Series No. 396, IAEA, Vienna, 2000.

5. V.V. Kharitonov, N.A. Molokanov Analytical model of nuclear energy self-development strategy. Economic strategies, 2012, No. 5, pp. 88-98; No. 6-7, pp. 2-14

6. COST ESTIMATING GUIDELINES FOR GENERATION IV NUCLEAR ENERGY SYSTEMS. Revision 4.2. September 26, 2007. Prepared by The Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum. Printed by the OECD Nuclear Energy Agency. GIF/EMWG/2007/004.

7. Allocating codes for organizations operating with highly radiation hazardous and nuclear hazardous productions and facilities (nuclear power plants), of funds to form provisions dedicated to provide safety of nuclear plants at all stages of their life cycle and development ( in edition of the RF Government resolutions dated 05.12.2003 N 737, dated 21.01.2005 N 33, dated 24.02.2009 N 164, dated 19.11.2012 N 1189). Resolution of the Russian Government N° 68 dated 30.01.2002.

8. Competitiveness analysis // G. Arkadov, O. Koltun, A. Kroshilin, A. Moskalov, S. Soloviev/ Rosenergoatom, 2012, N°12, pp.22-25.



# Юбилей Jubilee

# ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» – 80 лет



## ОАО «ГОЛОВНОЙ ИНСТИТУТ «ВНИПИЭТ»

**197183, Санкт-Петербург,  
улица Савушкина, дом 82  
Телефон: (812) 430-01-34  
Факс: (812) 430-03-93  
E-mail: email@givnippiet.ru  
Сайт: www.givnippiet.ru**

Учреждение «за семью печатями», где рождаются проекты известных на весь мир городов и предприятий, где за разработки в области теории атомного ядра коллектив инженеров не раз был удостоен государственных премий и наград, а авторам проектов неоднократно присуждались звания Героев Социалистического Труда, заслуженных энергетиков, архитекторов, деятелей науки, в 2013 году отмечает 80-летний юбилей.

Специальное проектное бюро «Двигательстрой» было создано в октябре 1933 года по приказу наркома тяжелой промышленности Серго Орджоникидзе для проектирования предприятий по производству боеприпасов. Первая задача – проектирование завода по производству новых типов морских торпед и специальной станции для их испытания была блестяще выполнена за 14 месяцев. Удачный старт послужил поводом для скорого развития небольшой перспективной структуры в крупное предприятие.

Спустя два года СПб «Двигательстрой» передан в ведение Главного военно-мобилизационного управления НКТП и преобразован во Всесоюзное специальное проектное бюро – ВСПБ, а в 1939 году на его базе организуется Государственный союзный проектный институт – ГСПИ-11.

Важнейшим моментом, определившим дальнейшую судьбу предприятия, стало решение правительства в сентябре 1945 года, когда институту, являвшемуся генеральным проектировщиком большинства объектов оборонной промышленности страны, было поручено новое направление – проектирование в области самой инновационной для того времени отрасли – атомной промышленности. С этого момента институт, блестяще зарекомендовавший себя в годы Великой Отечественной войны, стал формироваться как проектная организация, осуществляющая комплексное решение задач, связанных с проектированием и строительством промышленных и научно-исследовательских комплексов, создание которых позволило СССР войти в ряд главенствующих мировых ядерных держав.

Роль Головного института «ВНИПИЭТ» в становлении и развитии атомной отрасли трудно переоценить. По проектам института построено большинство промышленных пред-



**С.В. Онуфриенко, генеральный директор  
ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ»**

приятий и научно-исследовательских центров ядерно-промышленного комплекса России и ближнего зарубежья. Наиболее значимые из них: первые в СССР исследовательский и промышленный реакторы, заводы по обогащению урана, предприятия по переработке ядерного топлива, первая в мире АЭС в городе Обнинске, первый блок Белоярской АЭС, два блока Курской, четыре блока Ленинградской, два блока Игналинской АЭС, специализированные научно-исследовательские центры: ОАО «ГНЦ НИИАР», ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», ФГУП «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «ФНПЦ НИИИС

им. Ю.Е. Седакова»; крупнейшие комбинаты атомной отрасли в Сибири, на Урале и в европейской части России; комплексы радиохимических и электрофизических лабораторий, исследовательские установки с атомными реакторами различного назначения в государствах Восточной Европы, в том числе в Польше, Венгрии, Румынии, а также в Китае, Египте и других странах мира.

В 1986 году институт назначен генеральным проектировщиком объекта «Укрытие» над разрушенным 4-м энергоблоком Чернобыльской АЭС и научным руководителем работ по локализации радиоактивных загрязнений, дезактивации помещений и оборудования этой станции, а также зараженной местности вокруг энергоблока.

По проектам градостроительного отделения института построено более 30 городов-спутников предприятий атомной промышленности, среди них Сосновый Бор, Озерск, Саров, Актау, Навои, Зарафшан.

В 90-е годы после преобразования Российской Федерации в институте сосредоточены работы в области проектирования новых



**Первая в мире АЭС в городе Обнинске**



энергетических, разделительных и радиохимических производств, ядерных технологий, а также объектов специального назначения, модернизации действующих заводов, станков и атомных электростанций, а также вывода их из эксплуатации.

Сегодня ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» – многопрофильная организация Госкорпорации «Росатом», осуществляющая комплексное проектирование, научные исследования, разработку ядерных энерготехнологий нового поколения, конструирование и изготовление опытных и серийных партий нестандартизованного оборудования и изделий в области использования атомной энергии для ядерно и радиационно опасных объектов и объектов атомного энергопромышленного комплекса (включая объекты ядерного топливного цикла).

География текущих проектов института широка, специализация – все направления атомной отрасли России. В 2011 году Головной институт «ВНИПИЭТ» назначен генеральным проектировщиком комплексного проекта «Прорыв», главной целью которого является создание замкнутого ядерно-топливного цикла в атомной энергетике страны.

В институте ведется проектирование атомной станции с инновационным опытно-промышленным энергоблоком с реакторной установкой на быстрых нейтронах со свинцово-висмутовым теплоносителем электрической мощностью 100 МВт (СВБР-100) и разработка проекта многоцелевой исследовательской ядерной установки, включающей в себя быстрый исследовательский реактор с натриевым теплоносителем (МБИР). В рамках проекта по созданию технологического комплекса замкнутого ядерного топливного цикла России на ФГУП «ГХК» произведена реконструкция «мокрого» хранилища облученного ядерного топлива ВВЭР-1000 и завершено строительство пускового комплекса «сухого» хранилища облученного ядерного топлива реакторов РБМК-1000 и ВВЭР-1000.

На территории Китайской Народной Республики по проекту института в 2011 году завершено сооружение газоцентрифужного завода по обогащению урана для атомной энергетики производительностью 500 тыс. ЕРР/год (по урану) в Ханьжуне.

Выполнен ряд проектных работ, направленных на достижение нового качества ядерной энергетики: опытно-демонстрационный центр по переработке отработавшего ядерного топлива на основе инновационных технологий на ФГУП «ГХК», полифункциональный радиохимический исследовательский комплекс на площадке ОАО «ГНЦ НИИАР», производство МОКС-топлива для энергоблока № 4 Белоярской АЭС с реактором БН-800 на ФГУП «ГХК», выполнен комплекс работ по проектированию АС с РУ СВБР-100 и МБИР на промплощадке ОАО «ГНЦ НИИАР», создаются информационные модели исследовательской ядерной установки МБИР и СВБР-100 в программном комплексе Smart-Plant ENTERPRISE, выполняются работы по тематике ЯОК. Для расширения возможностей проведения научно-исследовательских работ с 2012 года в институте работают технологические стенды: для исследования топливных процессов в сухом хранилище (научно-техническая поддержка); для исследования тепловых режимов при переработке ОЯТ; для моделирования тяжелых запроектных аварий на атомных станциях.

Знаменательным событием к юбилею компании стало расширение компетенций предприятия – в качестве филиала к ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» присоединена еще одна



СВБР. Общий вид комплекса



Пусковой комплекс сухого хранилища

мощнейшая проектная организация атомной отрасли – ОАО «СПбАЭП». В дальнейшем планируется осуществить полное слияние обеих предприятий с образованием объединенной компании с новым названием и торговым брендом.

Объединенная компания станет крупнейшим комплексным проектным предприятием атомной энергетической технологии в России, в первую очередь, по объему компетенций и позволит достичь качественного увеличения эффективности на рынке проектирования АЭС с реакторами типа ВВЭР и реакторами на быстрых нейтронах высокой и средней мощности, проектирования новых и модернизации

действующих объектов ядерно-оружейного комплекса (ЯОК), ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), ядерно-радиационной безопасности (ЯРБ), производства МОКС-топлива, радиохимических установок различного назначения, переработки, транспортировки, хранения ОЯТ, изоляции и захоронения РАО, вывода из эксплуатации атомных производств.

Важнейшим конкурентным преимуществом нового предприятия станет возможность осуществлять проектное сопровождение на всех этапах жизненного цикла объектов атомной энергетики: от принятия решения и реализации проекта, до полного вывода из эксплуатации.



ЛАЭС

# Титановые сплавы ВСМПО-АВИСМА для атомной промышленности



## КОРПОРАЦИЯ ВСМПО-АВИСМА

**624760, Россия, Свердловская область,  
Верхняя Салда, ул. Парковая 1  
Тел: +7 (34345) 6-23-66  
Факс: +7 (34345) 2-47-36  
www.vsm-po.ru**

**ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»** – крупнейший в мире и единственный в России интегрированный производитель титановой продукции. Предприятие было создано в 1933 году как первый в стране завод по производству полуфабрикатов из алюминия и магниевых сплавов для советской авиации. В середине 50-х годов создается титановое производство, ставшее приоритетным в деятельности предприятия. Первый титановый слиток весом 4 кг был выплавлен в 1957 году, за прошедшие более чем 50 лет была открыта и развита целая эпоха российского титана. Сегодня научно-технические и производственные мощности предприятия позволяют получать слитки весом до 18 тонн.

В настоящее время Россия в лице Корпорации ВСМПО-АВИСМА занимает четверть мирового рынка титана – это самая большая цифра, характеризующая долю страны в международном бизнесе. И это доля не сырьевая, это – высокотехнологичные изделия глубокой переработки, начиная от эксклюзивного химического состава слитка и заканчивая уникальным сочетанием прочностных качеств и геометрии конечного изделия. На предприятии освоено выпуск продукции из 33 сплавов на базе титана, созданы целевые сплавы под заданные рабочие характеристики детали. Все эти наработки используются в высокотехнологичных отраслях: авиастроении, кораблестроении, атомной энергетике, химической и нефтехимической промышленности, в нефтегазодобывающем комплексе.

Традиционно наиболее широко титановые сплавы применяются в авиа- и двигателестроении, второе место по потреблению занимает кораблестроение, однако, надо отметить, что за последнее десятилетие титановые сплавы более широко стали применяться в области энергетики, как традиционной, так и в новых альтернативных видах. Более активно титан используется в области геофизики, нефте- и газодобывающем секторе, что обусловлено и накопленным опытом эксплуатации, и – в основном – ужесточением условий эксплуатации газодобывающего оборудования.

Всё шире титан используется в качестве конструкционного материала для строящихся объектов атомной энергетики: для изготовления конденсаторов и рабочих лопаток паровых



Контроль качества/Quality control



Панорамный вид завода/Plant panoramic view

турбин, теплообменного оборудования. Титан обеспечивает гарантированный ресурс оборудования на период до 60 лет, что сопоставимо с закладываемым ресурсом работы ядерного реактора.

Подобное оборудование широко используется на атомных электростанциях Индии, Китая, Финляндии и других стран. В России также ряд станций оснащены оборудованием из титановых сплавов, а именно, Ростовская АЭС, Белоярская АЭС, блоки Нововоронежской и Ленинградской АЭС.

На данном этапе развития мирового промышленного сектора, когда уже тысячи тонн титана эксплуатируются в атомной энергетике, как в судовых, так и в наземных объектах, в опреснительных системах, в сфере морского нефте- и газопромысла, все измышления по поводу недоступности титана и его высокой стоимости являются ложными и отражают только устаревший консервативный подход проектировщика, не учитывающий преимуществ титана и, следовательно, всех технических и экономических показателей.

Сегодня в области атомной энергетики рассматривается два основных направления развития: наращивание мощности стационарных генерирующих блоков до 1400МВт и развитие мобильных блоков для обеспечения электроэнергией отдалённых регионов по типу ПАТЭС.

В области изготовления мобильных ядерных установок Россия обладает уникальным опытом, так как все эти разработки были успешно реализованы при строительстве атомных ледоколов и атомных подводных лодок.



Трубы для геофизических систем/Pipes for geophysical equipment

Наработанный опыт и практика эксплуатации титановых сплавов в судовых энергоустановках позволили перенести достигнутые технические решения на объекты малой атомной энергетики. Примером является осуществляемое ООО «Балтийский завод – судостроение» строительство первой плавучей атомной электростанции по заказу Концерна «Росатом». Данный проект оценивается как перспективный к тиражированию; также начаты работы по разработке наземной ядерной энергоустановки с применением титана в качестве корпусного материала.

В конструкциях парогенераторов, конденсаторов, циркуляционных насосов и другого оборудования водоохлаждаемых и водо-водяных ядерных энергетических установок титановые сплавы подтвердили за полувековой опыт эксплуатации свою незаменимость и уникальность, а именно:

- высокую радиационную стойкость при температуре от 250 до 400°C;
- слабую способность к поглощению излучения и хорошую способность самопроизвольно освобождаться от наведённой радиации;
- высокую коррозионную стойкость в воде и паре при температуре до 400°C в условиях воздействия радиации;
- высокую кратковременную и долговременную прочность при температуре до 400°C без возникновения коррозии или механических повреждений.

Корпорация ВSMПО-АВИСМА участвовала во всех российских проектах строительства атомных электростанций, а также в зарубеж-



Трубные заготовки/Pipe workpiece

ных проектах: АЭС «Куданкулам», АЭС г. Тянь-Вань и других поставках тонкостенных сварных труб диаметром до 30 мм с толщиной стенки 0,5-0,8 мм. Кроме того, были поставлены сварные трубы для крупных проектов строительства заводов по опреснению морской воды и нефтеперерабатывающих, осуществляемых крупными зарубежными компаниями.

Предприятие участвовало в крупнейших нефте- и газодобывающих проектах страны: переоснащение буровой плавучей станции «Приразломное» и строительство нефтедобывающего объекта «Обский – 1» (титан применяется для трубного пучка подогревателя флюида). Для проекта морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломное» Корпорация поставила около 180 тонн титана, из них около 120 тонн – это оборудование и элементы трубопроводов. Также осуществляются поставки бесшовных труб из титана марок 9, 23, сплавов От4 для российских геофизиков.

Специалисты ВSMПО-АВИСМА готовы предложить свои научные и производственные достижения, а также с удовольствием участвуют в решении задач, возникающих при развитии новых технологий, модернизации существующих технологических приемов в энергетике, цветной металлургии и химической промышленности, освоении шельфовых месторождений.

## VSMPO-AVISMA-Produced Titanium Alloys for Nuclear Industry

### VSMPO-AVISMA CORPORATION

**1, Parkovayast., VerkhnyayaSalda, Sverdlovsk region, 624760, Russia**  
**Phone: +7 (34345) 6-23-66**  
**Fax: +7 (34345) 2-47-36**  
**www.vsm-po.ru**

**VSMPO-AVISMA Corporation is one of the largest manufacturer and the only one in Russia of titanium products. It was founded in 1933, and was the first plant producing aluminum and magnesium alloy semi-finished products for Soviet aircraft industry. Titanium production became a priority in the mid-1950s. It was in 1957 when the first titanium ingot was produced, and the epoch of Russia's titanium production began. Today the company has research and production facilities that make it possible to manufacture ingots weighting up to 18 tons.**

With its VSMPO-AVISMA Corporation, Russia has a quarter of the world titanium market, the largest share in the world business. It is not a share of supplied raw material; it is a share in hi-tech high-processed products with unique chemical composition, high strength quality and peculiar geometry of the finished products. The company manufactures products based on 33 titanium-based alloys, and has developed alloys to produce components with specific performance capabilities. The company's products are used in hi-tech industries – aircraft industry, shipbuilding, nuclear engineering, chemical and petrochemical industries, oil and gas production. Traditionally, titanium alloys are widely used in aircraft building and engine building as well as in shipbuilding. In the last decade titanium alloys found their way to the power-production industry, both to the traditional and alternative energy sectors. Now we can see the increased application of titanium in geophysics, oil and gas sectors, which is predetermined by the available operation expertise but mainly by tougher conditions in which oil and gas production equipment is operated.

As an engineering material titanium is widely used now in nuclear facilities, particularly, to produce condensers, steam turbines rotating blades and heat-exchange equipment. Due to the use of titanium, the equipment safe life can be prolonged to 60 years, which is consistent with a nuclear reactor operation life.

The titanium-based equipment is used at nuclear power plants in India, China, Finland and other countries. Equipment made of titanium alloys is installed at Rostovskaya NPP, Belayarskaya NPP, Novovoronezhskaya NPP and Leningradskaya NPP.

At the present stage of industry development, when thousands of tons of titanium are used in the nuclear sector, both in surface and marine nuclear facilities, in demineralized water generators, oil and gas production facilities, all assumptions concerning limited availability and high cost of titanium are false. They are based on conservative views of designers who do not admit the advantages of titanium and its unique technical and economic properties.

In the nuclear sector, there are two directions of development: expanding capacities of power-



Трубы/Pipes

generating units to 1,400 MW and development of FNPP-type mobile power-generating units for remote regions.

Russia can boast the unique experience in mobile power-generating units that have been installed at nuclear icebreakers and submarines.

With their experience in titanium alloys in marine power plants, producers managed to use available technical decisions in nuclear facilities. It can be exemplified by the construction of the first floating nuclear power plant by Baltic Plant – Shipbuilding LLC. at the order of Rosatom Concern, which is seen as a model project. Works have been commenced to develop a surface nuclear power plant where titanium is used in the vessel.

Fifty years of titanium alloys application in steam generators, condensers, circulation pumps and other equipment of VVER-type power-generating units have proved their unique properties, such as:

- high radiation resistance at 250 до 400°C;
- low radiation absorption and good ability to spontaneously release induced radiation;
- high corrosion resistance in water and steam at 400°C and under conditions of radiation;
- high short-term and long-term durability at 400°C without corrosion and mechanical damage.

VSMPO-AVISMA Corporation has participated in all Russia's NPP projects as well as in Kudankulam NPP and Tianwan NPP projects abroad supplying thin-wall welded pipes with diameter of 30 mm and wall thickness of 0.5-0.8 mm. The company has also supplied welded pipes for seawater desalination plants and oil refineries constructed by large foreign companies.

The company has also participated in the largest oil and gas production projects: revamping of Prirazlomnoe floating drilling station, construction of Obsky-1 oil-producing facility (titanium is used in the tube bundle of the fluid heater). The Corporation has supplied 180 tons of titanium for Prirazlomnoe ice-resistant platform, among them 120 tons of equipment and pipeline components. It also supplies seamless pipes made of 9.23 titanium and От4 alloy to Russia's geophysics organizations.

VSMPO-AVISMA specialists will be happy to offer their research and technical expertise and take part in the development of new technologies and technical skills in power-production, nonferrous metallurgy and chemical industry, in the development of new offshore fields.

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 семи Нижегородских международных научно-промышленных форумов «Ярмарка атомного машиностроения», двух 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 1500 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.

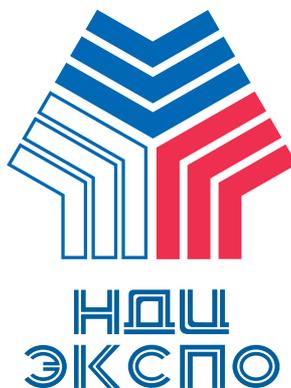
«НДЦ Экспо» – это команда профессионалов, всегда готовая предоставить комплексное решение задачи по организации специализированного мероприятия для вашей компании:

- 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



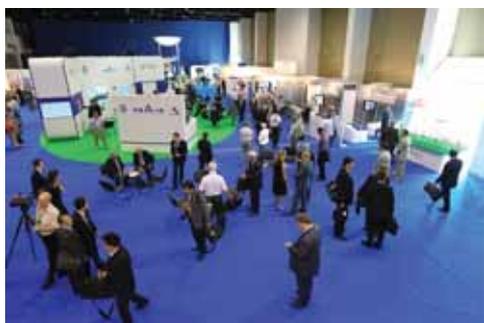
## НДЦ ЭКСПО Нижегородская Выставочная Компания

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 ATOMMASH») 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 seven Nizhny Novgorod International Scientific & industrial Forums «Nuclear Machine-building Fair», two 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 1500 exhibitors took part in the arranged by the «NBC Expo» events, which resulted in signing contracts for the total amount of 37 billion rubles.



Технологическое оборудование.  
Электрооборудование  
Equipment.  
Electric equipment



## ОАО «ВОТКИНСКИЙ ЗАВОД»

**427430, Удмуртская Республика,  
г. Воткинск, ул. Кирова, 2  
Тел.: (34145) 6-52-21, 6-51-49  
Факс: (34145) 6-59-75  
E-mail: marketing@vzavod.ru  
Сайт: www.vzavod.ru**

**ОАО «Воткинский завод» – ведущее оборонно-промышленное предприятие России, стратегической задачей которого является выполнение Государственного оборонного заказа по изготовлению ракетной техники.**

Очередным доказательством доверия к неизменно высокому уровню качества продукции, кадровому и технологическому потенциалу предприятия служит включение ОАО «Воткинский завод» в Государственную программу вооружений на 2011–2020 годы в качестве основного участника. На заводе полным ходом идет масштабная модернизация производства, технологических мощностей, корпусов цехов и административных зданий.

Положительные перемены сказываются не только на заводчанах, но и в целом на городе, градообразующим предприятием которого Воткинский завод является уже более 250 лет.

С начала 90-х годов основу пакета заказов завода по направлению изделий общепромышленного назначения составляли изделия для предприятий нефтяной и газовой промышленности. За это время завод занял лидирующие места по производству оборудования для подземного и капитального ремонта скважин, насосов для поддержания



**В.Г. Толмачев, генеральный директор  
ОАО «Воткинский завод»**

пластового давления, теплопаровой и запорной арматуры, буровых долот, регуляторов давления газа, контейнеров для транспортировки одоранта, быстросменных сужающих устройств и т. д.

Сохраняя объемы производства нефтегазового оборудования, завод увеличивает долю производства изделий для атомной отрасли, корни которой уходят в далекие 50-е годы прошлого века, когда под руководством академика А.П. Александрова на Воткинском заводе велись разработки и изготовление первых советских исследовательских реакторов.

За годы сотрудничества с такими проектными институтами как ОАО «НИКИЭТ», ГСПИ, ОАО «СвердНИИхиммаш», ОАО «ЦКБМ», ОКБ «Гидропресс», ОАО «ОКБМ Африкантов», ОАО «ВНИПИЭТ» Воткинским заводом накоплен существенный опыт выполнения заказов для нужд предприятий атомной отрасли. В числе

выполненных проектов: изготовление оборудования из состава комплекса переработки твердых радиоактивных отходов для Белоярской АЭС-2, АЭС Куданкулам (Индия); комплекс перегрузочный активных зон реакторной установки КЛТ-40С плавучей АТЭС «Академик М.В. Ломоносов»; внутриобъектовые транспортно-упаковочные контейнеры (ВТУК) для Белоярской АЭС; защитные герметичные двери различных типов для Нововоронежской АЭС-2 и др.

Прошли испытания опытные образцы гидроамортизаторов для Ленинградской АЭС-2, предназначенные для обеспечения функционирования оборудования 1-го и 2-го контуров атомной станции при сейсмических воздействиях, вплоть до максимального расчетного землетрясения в 9 баллов.

Сегодня ОАО «Воткинский завод» в сотрудничестве с ОАО «СвердНИИхиммаш» и ОАО «НИКИЭТ» участвует в разработке и изготовлении радиационно-защитных камер для участка изготовления и переработки таблеточного МОКС-топлива для ФГУП «Горно-химический комбинат» г. Железнодорожск. ФГУП «Горно-химический комбинат» (Железнодорожск, Красноярский край) планирует ввести в эксплуатацию в 2015–2017 годах опытно-демонстрационный центр (ОДЦ) по переработке отработанного ядерного топлива (ОЯТ), создание которого предусмотрено федеральной целевой программой. В Железнодорожске будут использованы технологии третьего поколения. Как известно, экспертиза данного проекта проводилась французскими специалистами, которые уже реализовали схему по переработке ОЯТ на заводе в Шербуре.

На протяжении всей своей истории Воткинский завод выполняет заказы на изготовление технически сложной, наукоемкой продукции, сохраняя неизменно высокий уровень качества. Накопленный опыт выполнения заказов для нужд предприятий атомной отрасли позволяет ОАО «Воткинский завод» наращивать объемы производства и уверенно смотреть в будущее.



**Комплекс камер защитных  
для производства МОКС-топлива**



**Монтаж реактора на ФГУП «НИИ Приборов»  
г. Лыткарино**



**Оборудование для первой плавучей АТЭС  
«Академик М.В. Ломоносов»**



**Тележка передаточная  
для ФГУП «ГХК»**

# Оборудование и инжиниринг для повышения энергоэффективности АЭС



## ООО «ГЕА МАШИМПЭКС»

105082, г. Москва, ул. Малая Почтовая, д. 12, строение 1

Телефон: (495) 234-95-03

Факс: (495) 234-95-04

E-mail: moo\_info@gea.com

www.gea-mashimpeks.ru

**Дмитриев П.В. – директор департамента «Энергетика и судостроение»**

Компания «ГЕА Машимпэкс», с 2011 года входящая в состав сегмента GEA Heat Exchangers группы компаний GEA Group AG, специализируется на теплообменных и энергосберегающих технологиях. Компания является одним из признанных лидеров в производстве и поставке теплообменного оборудования различных типов.

Производство компании сертифицировано по международным стандартам ISO 9001:2000. На все производимое и поставляемое оборудование имеется полный комплект сертификатов, в том числе разрешение Росатомнадзора.

Компания GEA Group AG – один из крупнейших поставщиков систем для энергетической промышленности, а GEA Heat Exchangers – подразделение, занимающееся теплообменным оборудованием – самая крупная структурная единица компании. Инновационные разработки и большой опыт в области теплообмена, накопленный компаниями, входящими в состав GEA Heat Exchangers, позволяют предлагать заказчикам современное энергоэффективное теплообменное оборудование. В России и странах СНГ GEA Heat Exchangers представлена компанией «ГЕА Машимпэкс» (GEA Mashimpeks).

ГЕА Машимпэкс – один из лидеров российского рынка в производстве и поставке:

- пластинчатых теплообменников (разборных, паяных, сварных)
- кожухотрубных теплообменников
- аппаратов воздушного охлаждения
- градирен различных типов
- рекуперативных теплообменников Rekuluvo/Rekugavo
- водяных фильтров с автоматической очисткой
- систем охлаждения трансформаторов
- теплообменников для специальных применений.

Компания «ГЕА Машимпэкс» имеет большой опыт работы в атомной энергетике, что подтверждается успешно реализованными проектами и положительными отзывами с действующих АЭС (Курская АЭС, Кольская АЭС, Нововоронежская АЭС). Заказчики компании характеризуют ГЕА Машимпэкс как надежного высокопрофессионального поставщика теплообменного оборудования.

Компания «ГЕА Машимпэкс» работает с ведущими проектными и научно-исследовательскими институтами отрасли. Совместные изыскания позволяют предлагать заказчикам современные энергоэффективные решения задач теплообмена в технологических схемах АЭС.

Например, разборные пластинчатые теплообменники успешно применяются на АЭС в качестве:

1. Реакторное отделение:
  - теплообменники промышленных контуров ответственных и неответственных потребителей;
  - теплообменники аварийного и планового расхолаживания.
2. Турбинное отделение:
  - теплообменники генераторов;
  - маслоохладители турбин.
3. Система ХВО
  - теплообменники подогрева воды;
  - самоочищающиеся фильтры.

В некоторых технологических процессах разборные пластинчатые теплообменники не могут быть установлены по причине высоких рабочих температур или давлений. В этих случаях специалисты компании «ГЕА Машимпэкс» рекомендуют установку сварных пластинчатых теплообменников GEABloc.

Преимущества теплообменников данного типа – в их исключительной надежности и оптимизированной конструкции:

- повышенные рабочие характеристики (температура и давление)
- особо прочная конструкция
- минимальная занимаемая полезная площадь
- полный доступ для инспектирования и обслуживания
- легкая очистка механическим и химическим способом

Компания «ГЕА Машимпэкс» также осуществляет поставки аппаратов воздушного охлаждения, воздушных конденсаторов и градирен различных типов, применяемых для охлаждения больших объемов оборотной воды в технологических процессах АЭС.

Большой опыт работы компании «ГЕА Машимпэкс» на российском рынке, помноженный на технологические возможности GEA Group, открывает широкие перспективы для взаимовыгодного сотрудничества и обмена опытом с предприятиями атомной отрасли с целью повышения энергоэффективности технологических процессов АЭС.



## Теплообменное оборудование для тепловых электрических станций

Теплообменное оборудование GEA Mashimpeks применяется на тепловых электрических станциях для охлаждения масла турбин и генераторов, работы с паром высокого давления и многих других процессов:

- разборные пластинчатые теплообменники,
- сварные пластинчатые теплообменники,
- охладители масла,
- специальное теплообменное оборудование.

**Многолетний опыт компании GEA Mashimpeks гарантирует Вам оптимальное решение задачи теплообмена.**



GEA Heat Exchangers  
GEA Mashimpeks

**ГЕА Машимпэкс**

Россия, 105082, г. Москва, ул. Малая Почтовая, 12

Тел: +7 (495) 234-95-03 • Факс: +7 (495) 234-95-04

moo\_info@gea.com • www.gea-mashimpeks.ru



- ✓ Электроприводы для управления арматурой любого типа



- ✓ Интеллектуальные блоки управления и редукторы
- ✓ Расширенный срок службы
- ✓ Надежность, подтвержденная референциями

# аума®

*Solutions for a world in motion*



## 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 Красноярске: (391) 291 1260

E-mail: [aumarussia@auma.ru](mailto:aumarussia@auma.ru)

## 30-летний опыт поставок в атомную энергетику



На правах рекламы



## ООО «КОРПОРАЦИЯ АК «ЭСКМ»

Адрес: 350911, Россия, г. Краснодар,  
ул. Трамвайная, 5  
Телефон: +7 (861) 231-16-78  
Факс: +7 (861) 231-36-88  
www.eskm.net

ЭСКМ – так коротко и узнаваемо называют нас те, с кем и для кого мы работаем.

С момента своего основания в 1985 году Министерством топлива и энергетики СССР ЭСКМ сохранил и увеличил коллектив до 4000 специалистов, стал стабильной, динамично развивающейся компанией, которая выполняет комплекс работ по монтажу, ремонту и наладке электротехнического оборудования и технических средств АСУ ТП на объектах энергетики, стройиндустрии и промышленности не только на территории России, но и за рубежом.

Сегодня ООО «Корпорация АК «ЭСКМ» – многопрофильная компания с центральным офисом в Краснодаре и представительствами в Москве, Нововоронеже, Волгодонске, Екатеринбурге, Заречном, Тюмени. Двенадцать самостоятельных подразделений (монтажные, электромонтажные, наладочные и монтажно-наладочные управления, специальная тепломонтажное управление, завод «ЭСКМ Индустрия», учебно-курсовой комбинат) составляют основу компании и готовы оперативно отвечать на предложения заказчиков.

ООО «Корпорация АК «ЭСКМ» традиционно участвует в строительстве практически всех крупнейших объектов тепловой и атомной энергетики на территории России. Коллектив ЭСКМ выполнил монтаж электрооборудования и АСУ ТП на объектах энергоблока № 2 Ростовской АЭС – первого энергоблока, пущенного в России после многолетнего перерыва. В настоящее время специалисты Корпорации работают на строительстве энергоблоков сразу нескольких АЭС: Ростовская АЭС, блоки № 3, 4; Нововоронежская АЭС-2, блоки № 1, 2; Белоярская АЭС, блок № 4; Балтийская АЭС; АЭС Бушер (Иран).

Кроме этого, ЭСКМ является производителем и поставщиком широкого спектра электро-монтажных изделий, выпускаемых на основе собственных технических условий.



Е.Д. Суббота, генеральный директор  
ООО «Корпорация АК «ЭСКМ»

Одно из главных направлений деятельности завода – производство коробов и кабельных конструкций, в том числе сейсмостойких, пригодных для организации кабельных трасс любого назначения и для любых условий окружающей среды, общими объемами до 500 т в месяц. Также ЭСКМ производит стенды для установки первичных преобразователей КИ-ПиА и датчиков радиационного контроля, проходки кабельные модульные, теплообменное оборудование, низковольтные комплектные устройства, изделия для установки контрольно-измерительных приборов на АС, технологические и строительные металлоконструкции.

Для увеличения срока службы конструкций и электромонтажных изделий введен в эксплуатацию цех горячего цинкования производительностью 5000 тонн металлоконструкций в год.

ООО «Корпорация АК «ЭСКМ» имеет все необходимые виды разрешительных документов, позволяющих выполнять ЭМР на АЭС, включая лицензии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на сооружение и эксплуатацию ядерных установок, конструирование оборудования для ядерных установок; лицензию на производство работ по монтажу, ремонту и обслуживанию средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, на эксплуатацию взрывопожарных производственных объектов; свидетельства СПО «Союзатомстрой», «Строители Кубани», «Проектировщики Кубани».

Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ISO 9001:2008.

ЭСКМ благодарит своих партнеров за профессионализм и надежность и рассчитывает на дальнейшее успешное сотрудничество на благо российской энергетики.

## ESKM CORPORATION LLC

5, Tramvaynaya st., Krasnodar,  
350911, Russia  
Phone: +7 (861) 231-16-78  
Fax: +7 (861) 231-36-88  
www.eskm.net

ESKM – that is how our customers and partners call us. Since its foundation by the USSR Ministry of Fuel and Energy in 1985, ESKM has increased the number of its specialists to 4,000 and has grown into a stable and rapidly developing company engaged in assembly, repair and adjustment of electrical facilities and hardware components of the automatic process control systems (APCS) of power production, civil engineering and industry facilities both in Russia and abroad.

Today ESKM Corporation is a multibusiness company with the headquarters in the city of Krasnodar and representation offices in Moscow, Novovoronezh, Volgograd, Yekaterinburg, Zarechny and Tumen. Twelve independent divisions (assembly, electrical assembly, adjustment, installation and checkout divisions, a heat-equipment assembly division, ESKM-Industry plant, a training center) form the core of the company and are capable to react rapidly to customers' requirements.

ESKM Corporation participates in the largest projects of thermal and nuclear power sectors in Russia. The company has assembled the electrical equipment and APCS of the 2nd unit of Rostovskaya NPP, which was the first unit commissioned after a break of many years. Presently, the company's specialists are engaged in the construction of power-generating units of Rostov-3 and Rostov-4, Novovoronezh-1 and 2, Beloyarsk-4, Baltiyskaya NPP, Bushehr NPP (Iran). ESKM also manufactures and supplies a wide range of electrical equipment as per its specifications.

One of the business priorities of the company is to produce ducts and electrical cables, including antiseismic ones, that are suitable for cable routings of any purpose and for any conditions. The output of ducts and cables is 500 tons per month. It also manufactures panels for the instrumentation and control and radiation sensors as well as modular cable wirings, heat-exchange equipment, low-voltage complete devices, devices for installation of instrumentation and control equipment at NPP, engineering and construction metalwork.

A hot galvanizing shop with annual productivity of 5,000 tons of metalwork has been built to expand the operation life of metalwork and electrical equipment.

ESKM Corporation has all necessary approvals that allow to perform electrical assembly at NPP such as licenses of the Federal Service for Ecological, Technical and Nuclear Supervision to build and operate nuclear facilities, to design equipment for nuclear facilities; a license to assembly, repair and service fire safety equipment of buildings and structures; a license to operate explosive production facilities; certificates issued by Soyuzatomstroy Non-Profit Partnership, StroitelKubany (Kuban's Builders), ProektirovshchikiKubani (Kuban's Designers) organizations.

The quality management system conforms to GOST P ISO 9001-2008 and ISO 9001:2008 requirements.

ESKM is grateful to its partners for their reliability and looks forward to further cooperation to the benefit of Russia's power engineering.





- 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» (ЕРС, ЕРС-М), 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 ЕРС-процесса.

При реализации проектов компания «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ» использует принцип оптимального сочетания следующих параметров:

- цена
- качество
- надежность
- долговечность
- технический уровень
- технологичность
- безопасность
- экологичность
- затраты на эксплуатацию и ремонт

#### КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

##### Системы:

- резервные дизельные электростанции 5,6-10 МВт
- система преднапряжения защитной оболочки
- вентиляторные градирни
- грускорезервные 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
- COMISSIONING

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](mailto:prekomnn@mail.ru),  
[info@prekom.ru](mailto:info@prekom.ru)  
[www.prekom.ru](http://www.prekom.ru)





**ООО «ГАЗПРОМКОМПЛЕКТ»**

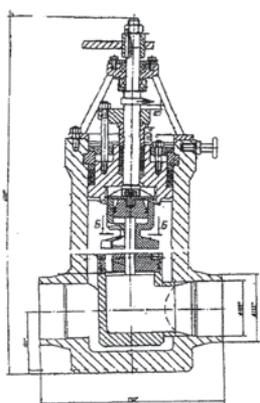
Волгодонск, ул. Ленина, 60, а/я 1432  
 Тел./факс: (86392) 7-76-88, 7-75-88  
 E-mail: gazpromkomplekt@rambler.ru  
 www.gazpromkomplekt.ru  
 ICQ 490024030  
 Режим работы: пн.-пт. 08.00-17.00,  
 перерыв 12.00-13.00  
 (время московское)



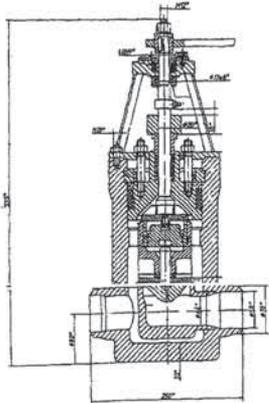
Наша компания имеет огромный потенциал в области конструирования, разработки, производства, эксплуатации и ремонта оборудования для работы с различными видами топлива и химического сырья. Кредо нашей компании – уважение к партнерам по бизнесу, моральная ответственность и профессионализм. Мы приглашаем вас к сотрудничеству!

**Наша продукция:**

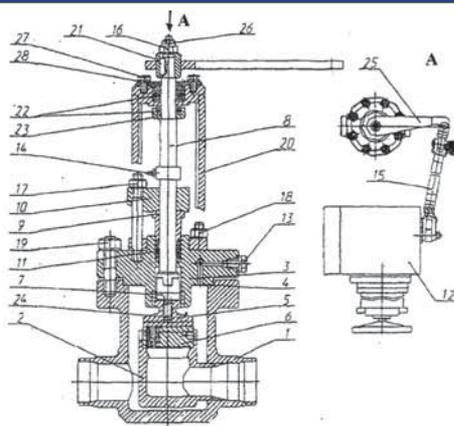
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие аммиак
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие пропан
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие пентан
- комплектующие к арматуре
- ППК с верхним расположением
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие хлор
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие бензин и светлые нефтепродукты
- сливной прибор для бензиновых цистерн
- арматура для установки на вагоны-цистерны, транспортирующие «крепкую» азотную кислоту
- оборудование для проверки и испытания арматуры
- оборудование для АГЭС и ГЭС
- теплообменное оборудование
- арматура для АЭС и ТЭЦ



**Клапан запорно-регулирующий дисковый ГПК КД 100.00.000 Т**

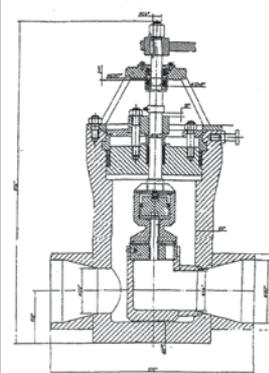


**Клапан запорно-регулирующий дисковый ГПК КД 65.00.000 Т**

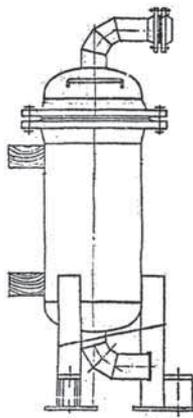


**Клапан регулирующего типа «Диск» с механизмом МЭО. Рабочая среда – вода. ГПК КД 50.00.000 Э**

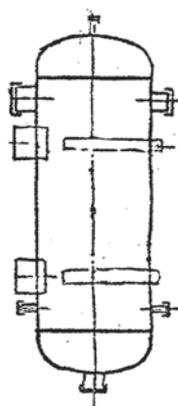
1. Корпус. 2. Стакан. 3. Крышка. 4. Прокладка. 5. Золотник. 6. Седло. 7. Муфта. 8. Шпindelъ. 9. Грундбукса. 10. Планка нажимная. 11. Кольца графлексные. 12. Механизм. 13. Пробка. 14. Указатель. 15. Тяга. 16, 17, 18, 19. Гайка. 20. Бугель. 21. Втулка. 22. Подшипники. 23. Корпус подшипника. 24. Пружина. 25. Рычаг. 26. Шплинг. 27. Болт. 28. Крышка.



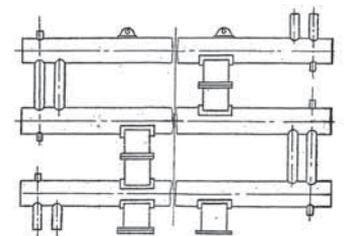
**Клапан запорно-регулирующий дисковый ГПК КД 175.00.000 Т**



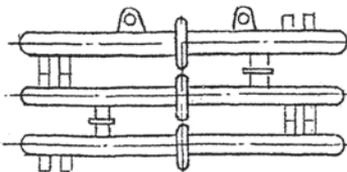
**Ловушка ионитная АФЛ-0,4-0,2. Черт. № 08.8130.129 СБ**



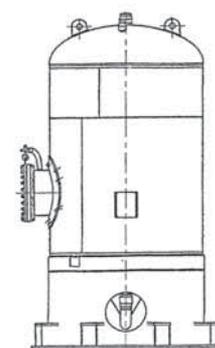
**Ловушка зернистых материалов Q=65 м³/час АФЛ-0,5-10. Черт. № 08.8130.096 СБ**



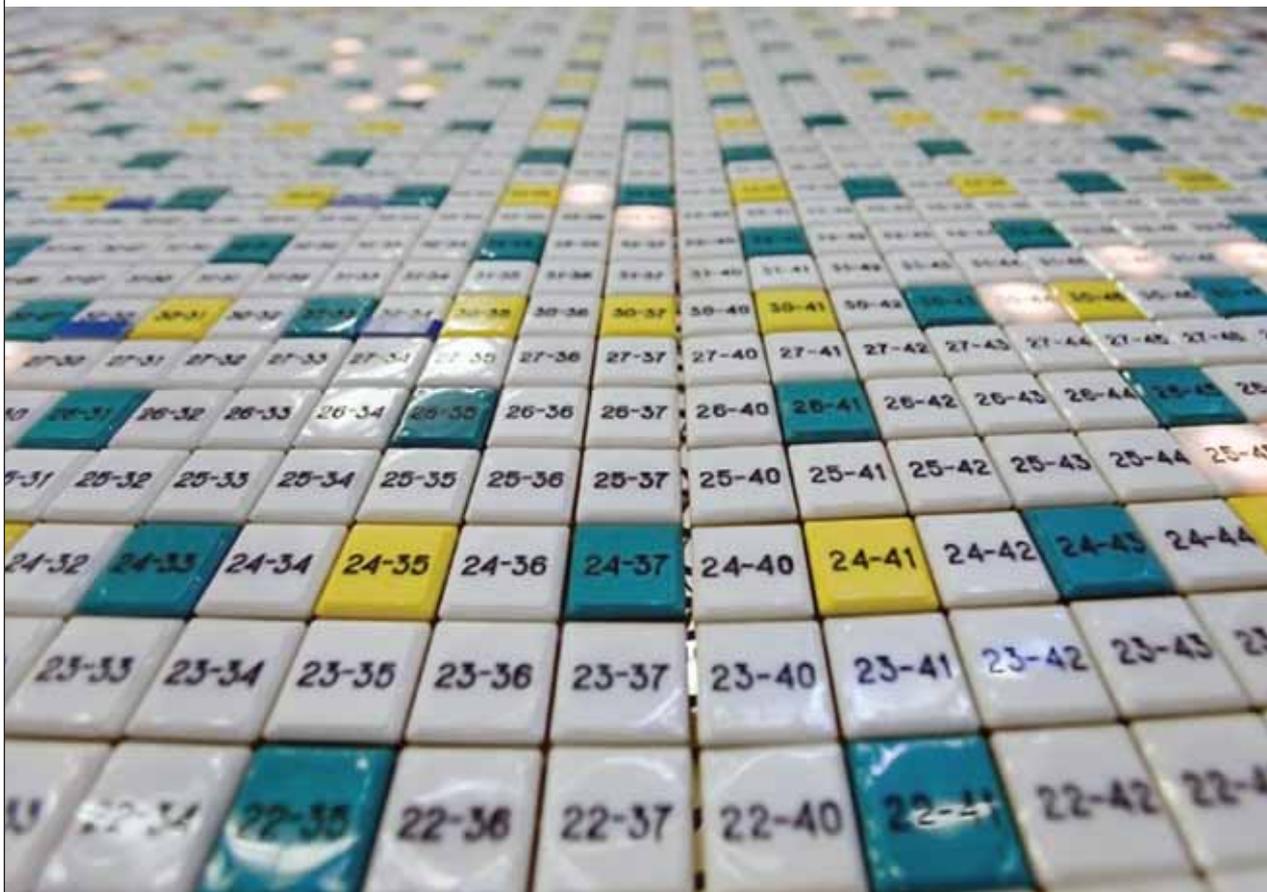
**Теплообменник 3 D 133 ТЗ. Черт. № 08.8111.549 СБ**



**Теплообменник 3 D 325 У. Черт. № 08.8118.062 СБ**



**Фильтр ионитный АФИ-1,5-10. Черт. № 08.8130.148 СБ**



Системы управления и контроля.  
Программные решения  
**Control systems.**  
**Software solutions**



## РФЯЦ-ВНИИЭФ

607188, Нижегородская обл.,  
г. Саров, проспект Мира, 37  
Тел.: (83130) 4-44-68  
Факс: (83130) 4-13-94  
E-mail: adv@vniief.ru  
www.vniief.ru

### Устройство автоматизированного вихретокового контроля резьбовой поверхности шпилечных гнезд корпуса реактора ВВЭР-1000

#### ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

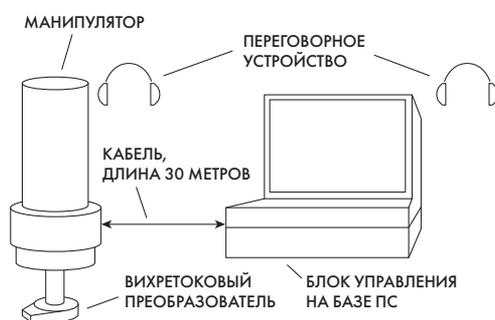
С гнезда на гнездо манипулятор устанавливается вручную одним человеком. Его вес 17 килограммов, и грузоподъемных механизмов не требуется. Управление процессом контроля осуществляется оператором на компьютере. Для снижения на него дозовой нагрузки компьютер устанавливается в безопасной зоне вне реакторной шахты, на удалении 20-30 метров от корпуса реактора. Связь блока управления с манипулятором обеспечивается кабелем длиной 30 метров. Процесс контроля резьбовой поверхности шпилечного гнезда проходит в автоматическом режиме.

#### СОСТАВ

- манипулятор;
- блок управления на базе компьютера;
- переговорное устройство;
- соединительный кабель (30 м).

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- время контроля одного гнезда около 3-х минут;
- время контроля всех 54-х гнезд реактора – 3–4 часа;
- минимальные размеры трещин, выявляемых в резьбе:



#### Структурная схема АКШГ

- длина – 5 мм;
- глубина – 0,5 мм;
- раскрытие – 0,2 мм;
- вес манипулятора – 17 кг;
- вес блока управления – 9 кг.

#### ОСОБЕННОСТИ

- манипулятор компактен, имеет небольшой вес, переставляется с гнезда на гнездо вручную одним оператором;
- процесс контроля прост и проходит в автоматическом режиме;
- сигнал от манипулятора до компьютера

блока управления передается в цифровом виде;

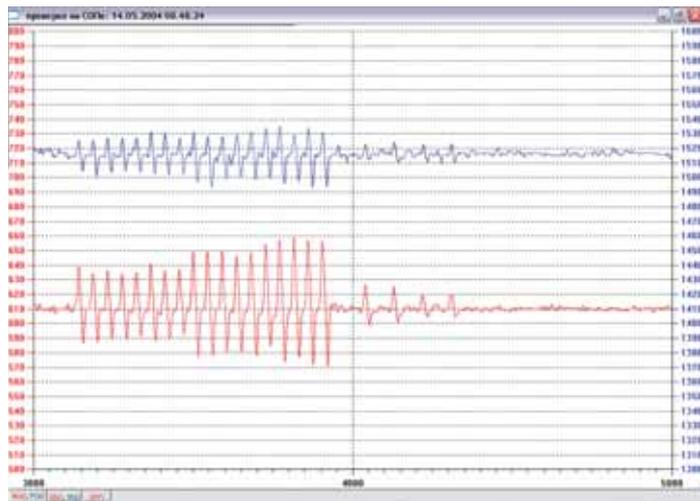
- реализована возможность извлечения манипулятора из гнезда при остановке процесса контроля из-за некачественной зачистки или повреждения резьбы гнезда.

#### Применение

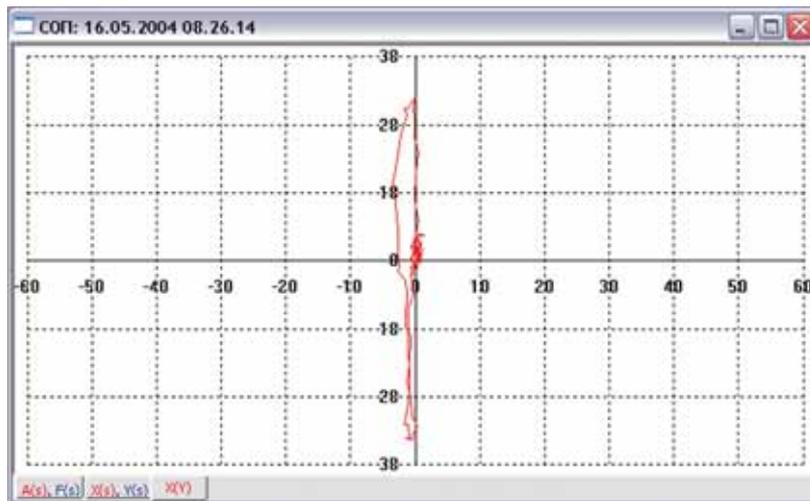
- в настоящее время одно устройство поставлено на Балаковскую АЭС, где в 2007–2008 годах был проведен плановый контроль шпилечных отверстий на 3-х энергоблоках;
- устройство поставлено на АЭС «Куданкулам», Индия.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ

- устройство АКШГ может явиться прототипом для целой серии устройств, способных контролировать шпилечные отверстия с разными типоразмерами резьбы. Например, шпилечные гнезда М60, М52, М48 парогенератора и М100 главного циркуляционного насоса реактора ВВЭР-1000, гнезда М140 корпуса реактора ВВЭР-440;
- устройство АКШГ может стать базой для систем нового поколения, управляемых одним оператором или без участия человека.



Визуализация, временная развертка / Viewing, time-base deflection



Визуализация, X/Y / Viewing X/Y

## Система СКВМ ИЦФР.402141.003 Код ОКП 42 5240

### НАЗНАЧЕНИЕ

Многофункциональная, блочная, проектно-компонованная система контроля вибрации и механических величин основного роторно-оборудования, температуры и вибрации фундамента энергоблока атомных и тепловых электростанций, а также других объектов.

Возможна поставка систем виброконтроля под различные требования в зависимости от характеристик объекта контроля.

Передача данных в смежные системы возможна по аналоговым и/или цифровым каналам связи, в том числе и по оптоволоконным.

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

**Измерение и контроль параметров на всех режимах работы оборудования:**

- абсолютной вибрации (виброускорение, виброскорость);
- относительной вибрации (виброперемещение);
- механических величин (осевой сдвиг, тепловое расширение ротора, тепловое расширение корпуса);
- частоты вращения и фазоотметки;
- температуры и вибрации фундамента;
- контроль валопроворотного устройства.

#### Обнаружение:

- низкочастотной вибрации;
- скачка вибрации;
- возрастания на сравнимых режимах уровня вибрации, для выбранных каналов;
- превышения допустимых значений размаха относительного виброперемещения ротора;
- изменения вибрации валопровода (тренда) в течение установленного времени.

#### Защита:

- выявление предаварийных и аварийных ситуаций путем анализа информации из мерительных каналов вибрации, механических величин;
- включение аварийной сигнализации по соответствующим алгоритмам.

**Диагностика основного технологического оборудования:**

- разбалансировка роторов, с указанием разбалансированного ротора в паре «двигатель-насос»;



Стойка агрегатная  
Unit frame



Комплекс виброконтрольный  
Vibration control unit

- несоосность роторов с указанием типа несоосности (излом, колено);
- наличие резонанса крепления;
- искривление ротора;
- ослабление крепления подшипника;
- задевания элементов ротора и статора;
- трещины в роторе;
- увеличение зазора в подшипнике скольжения.

#### Информационные функции:

- обработка, регистрация, отображение на автоматизированных рабочих местах (АРМ) СКВМ параметров и показателей, определяющих состояние контролируемого оборудования;

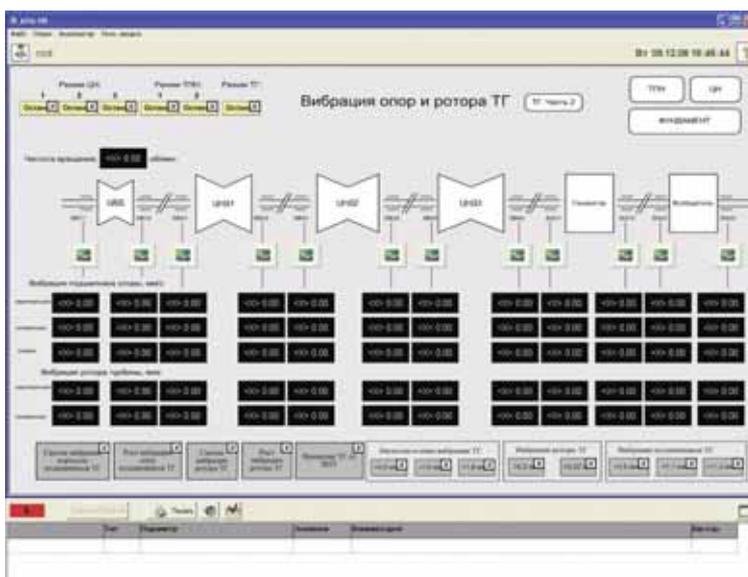


Стойка питания  
Power frame

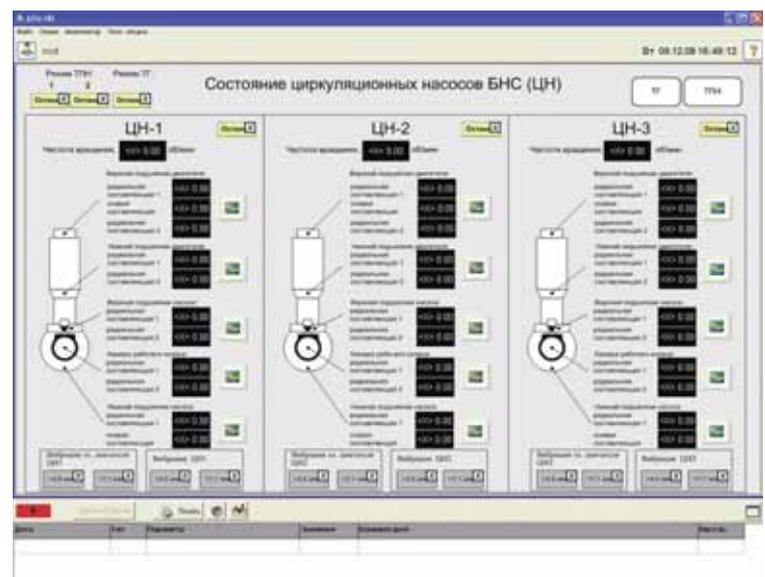


Датчики питания  
Power supply sensors

- обнаружение, регистрация, отображение на мониторах АРМ СКВМ отклонений от заданных пределов (уставок) параметров и показателей состояния контролируемого оборудования;
- накопление и долговременное хранение (архивизация) значений контролируемых параметров и показателей с возможностью вывода накопленных данных по запросу эксплуатационного персонала;
- сохранение архивов на внешних носителях;
- обмен информацией со смежными системами (Modbus и нестандартные протоколы обмена);
- построение архивных трендов и трен-



Главное окно / Main window



Окно «Состояние ЦН» / «Centrifugal Pump State» Window

дов реального времени, а также различных диаграмм;  
 – получение и сравнение параметров на АРМ в режиме осциллографа;  
 – формирование, отображение и вывод на печать комплекта отчётной документации (ведомостей, журналов, отчётов).

**Вспомогательные функции:**

- самодиагностика программно-технических средств;
- контроль наличия напряжения внешнего электропитания, резервирование электропитания, обеспечение корректного останова при пропадании внешнего питания;
- контроль исправности составных частей, включая датчики;
- контроль исправности линий связи;
- поддержка и синхронизация единого времени;
- конфигурирование системы с возможностью возврата к предыдущей версии;
- механическая защита и контроль несанкционированного доступа к оборудованию.

**СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАЦИИ**

Элементы СКВМ класса 3Н по НП 001-97 (ОПБ-88/97) соответствуют требованиям группы исполнения III по ГОСТ Р 50746-2000 по устойчивости к воздействующим факторам.

Критерии качества функционирования элементов системы при электромагнитной обстановке средней жесткости по ГОСТ Р 50746-2000:

- класса 3Н – А;
- класса 4Н – Б.

Уровень излучаемых промышленных радиопомех не превышает допустимых норм по ГОСТ Р 51318.22-99.

СКВМ относится к категории II по сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций».

Элементы СКВМ, являющиеся средствами измерения, включены в Государственный реестр средств измерений РФ.

**СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

2-й энергоблок Ростовской АЭС, 4-й энергоблок Балаковской АЭС.

**КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ**

СКВМ является проектно-компоуемым изделием – программно-технические средства, комплект монтажных частей, калибровочная аппаратура, эксплуатационная документация поставляются в соответствии с проектом.

Обеспечивается гарантийное и постгарантийное обслуживание, шефмонтаж и предпусковые испытания.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Диапазоны измерения:

- СКЗ виброскорости, мм/с .....от 0 до 15;
- размаха виброперемещения, мкм ..... от 0 до 350;
- механических величин
  - прогиб ротора, мм .....от 0 до 0,2
  - осевой сдвиг, мм..... от -2,5 до +1,5, от -1,0 до +1,0
  - относительное расширение ротора, мм .....от -5 до +5, от -5 до +45;
  - тепловое расширение корпусов, мм.....от 0 до 10, от 0 до 20, от 0 до 40
- частоты вращения и фазоотметки, об/мин.....до 2000
- измерения тока, мА .....от 4 до 20
- абсолютной вибрации фундамента мм/с.....от 0 до 15;
- температуры фундамента, °С..... от 0 до плюс 100.

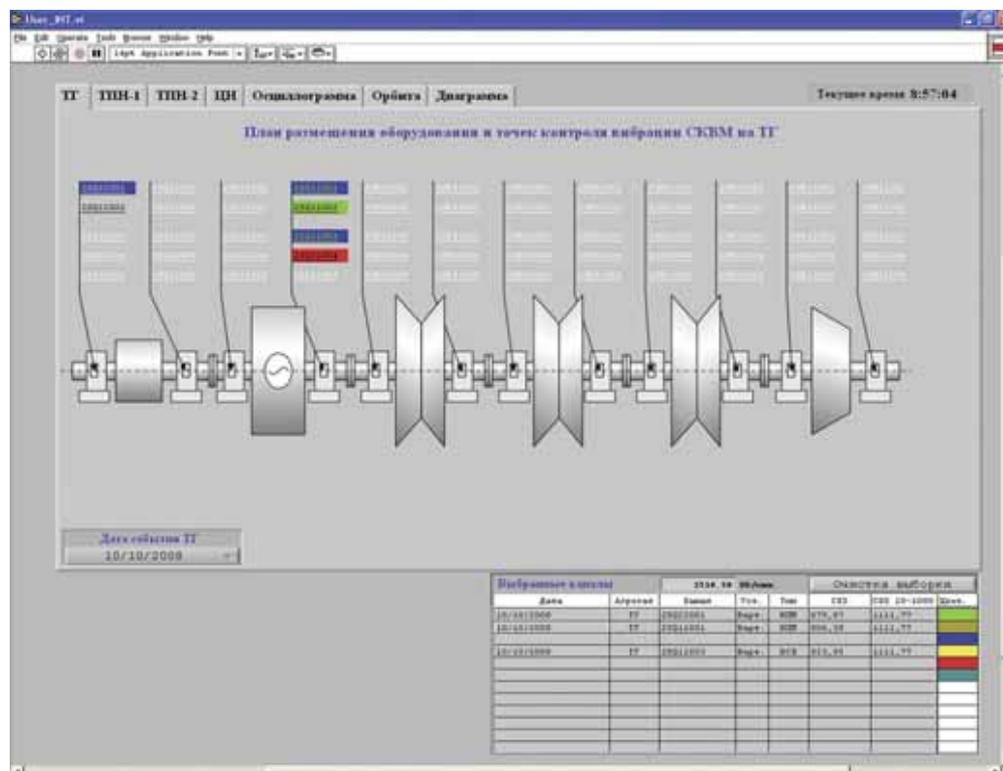
Диапазоны частот:

- виброскорость, Гц.....от 10 до 1000;
- виброперемещение, Гц.....от 10 до 500;

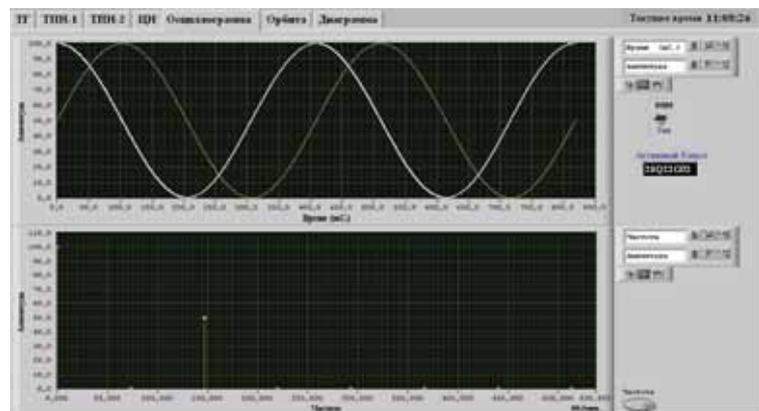
Рабочая температура, °С:

- первичных преобразователей каналов виброскорости .....от минус 40 до плюс 125
- первичных преобразователей каналов виброперемещения, прогиба ротора и частоты вращения .....от минус 40 до плюс 150
- первичных преобразователей каналов осевого сдвига относительного расширения ротора .....от плюс 5 до плюс 180
- первичных преобразователей каналов теплового расширения корпуса .....от плюс 5 до плюс 180
- стоек, шкафов.....от плюс 5 до плюс 60

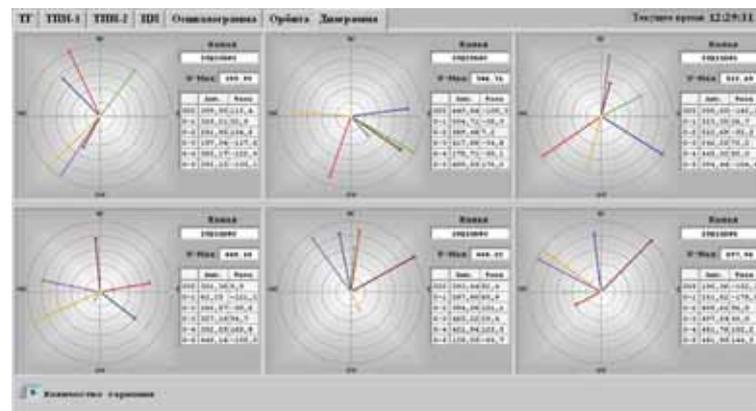
- Напряжение питания ..... ~220 В, 50 Гц
- Потребляемая мощность, кВт, не более..... 10
- Гарантийный срок службы, месяц ..... 18
- Срок службы с учетом восстановления, лет ..... 30



Мнемосхема турбогенератора АРМ ИВ / АРМ ИВ turbogenerator symbolic circuit



Закладка «Осциллограмма» / “Oscillogram” bookmark



Закладка «Диаграмма» / “Diagram” bookmark

## RFNC-RCRIEF

**37, prospect Mira, Sarov,  
Nizhny Novgorod region, 607188, Russia**  
**Phone: (83130) 4-44-68**  
**Fax: (83130) 4-13-94**  
**E-mail: adv@vniief.ru**  
**www.vniief.ru**

### Automated Vortex-Current Control Device for Controlling Thread Surface of Pin Housing of WWER-1000 Reactor Vessel

#### Description

A manipulator is rearranged from housing to housing manually by one person. Its weight is 17 kg and no hoisting machine is required. Control of the process is performed by an operator with the use of a computer. To avoid excessive radiation dose, the computer is located in a safe zone outside the reactor mine, in the

distance of 20-30 m from the reactor vessel. The control assembly is connected with the manipulator by means of a cable that is 30 m long. The control of the thread surface of the pin housing is performed automatically.

#### Composition:

- a manipulator;
- a computer-based control assembly;
- intercommunication system;
- interface cable (30 m).

#### Key features

- time of one housing control - about 3 min;
- time of controlling all 54 reactor housings - 3-4 hours;
- min detected cracks in the thread:
  - length - 5 mm;
  - depth - 0.5 mm;
  - exposure - 0.2 mm;
- manipulator weight - 17 kg;
- control assembly weight - 9 kg.

#### Peculiar features

- the manipulator is of small size, small weight, rearranged from housing to housing manually by one operator;

- the control is simple and automated;
- a signal is transmitted from the manipulator to the computer in digital mode;
- the manipulator can be pulled out from a housing if the control is halted due to poor cleaning or damage of the thread.

#### Application

- one device has been delivered to Balakovskaya NPP where planned control of pin holes was performed at 3 power-generating units;
- delivery of the device effected to Kudankulam NPP, India.

#### Prospects

- the device can serve as a prototype for a series of devices designed to control pin holes with various thread size. For example, pin housings M60, M52, M48 of a steam generator and M100 housing of the primary circuit pump of WWER-1000 reactor, M140 housing of WWER-440 reactor vessel.

The device can serve as the basis for a new generation systems that can be operated by one person or automatically.

## СКБМ ИЦФР.402141.003 System OKP Code 42 5240

#### Purpose

Multi-functional, unit-block, project-arranged system for control of vibration and mechanical values of the primary rotor equipment, temperature and vibration of a power-generating unit foundation of nuclear power plants and thermoelectric stations as well as other facilities.

Vibration control systems can be delivered with various features depending on the characteristics of a control object.

Data transmission to other systems can be effected through analog and/or digital communication channels including fiber-optic channels.

#### Key functions:

##### Measuring and control of parameters at all operation modes of equipment:

- absolute vibration (vibration acceleration, vibration speed);
- relative vibration (vibration displacement);
- mechanical values (axial displacement, the rotor's thermal expansion, the vessel thermal expansion);
- rotation frequencies and phase marks;
- temperature and vibration of the foundation;
- control of the barring gear.

##### Detection of:

- low-frequency vibration;
- vibration change;
- vibration rise at comparable regimes for the selected channels;
- excess of legitimate values of swing of relative vibration displacement of the rotor;
- changes of vibration of the trend within the set time.

##### Protection:

- detecting near-contingencies and contingencies by means of analyzing information from the instrument holes, and mechanical values;
- switching on alarm signaling in acc. to special algorithms.

##### Diagnostics of in-line equipment:

- deregulation of rotors, with indication of the deregulated rotor in the pair «engine-pump»;
- axis misalignment of rotors with indication of the type of axis misalignment (fracture, bend);
- fastening resonance;
- rotor hog;
- weakening of a bearing fastening;
- graze of rotor and stator elements;
- cracks in rotor;
- gap increase in a friction bearing.

##### Information functions:

- processing, registration and representation on workstations of parameters and characteristics

determining the state of the controlled equipment;

- detection, registration, representation on workstations of deviations of parameters and characteristics of the controlled equipment;

- accumulation and long-term storage of values of parameters and characteristics and a possibility to represent the values at the request of operation personnel;

- saving archives on outer bearers;
- information interchange with other systems (Modbus and non-standard communication protocol);
- building archive trends and real time trends as well as diagrams;

- receiving and comparison of parameters on workstations in the oscilloscope mode;
- forming, representation and printing of a set of report documentation (statements, journals, reports).

#### Helper functions

- self-diagnostics of software-hardware;
- control of outer power supply availability, reservation of power supply, correct closedown at the lack of outer power supply;
- control of components including sensors;
- control of communication line;
- support and synchronization of the universal time;
- configuration of the system with a possibility of return to the previous version;
- mechanical protection and control of unauthorized access to equipment.

#### Performance Attributes

Measurement range:

- RMS of vibration speed, mm/s ..... from 0 to 15;
- swing of vibration displacement, micrometer ..... from 0 to 350;
- mechanical values:
  - rotor bend, mm ..... from 0 to 0,2
  - axis displacement, mm ..... from -2,5 to +1,5; from -1,0 to +1,0
  - rotor relative expansion, mm ..... -5 to +5; from -5 to +45;
  - vessels thermal displacement, mm ..... from 0 to 10; from 0 to 20; from 0 to 40
  - rotation frequency and phase marks, rot/min ..... to 2000
  - current test, mA ..... from 4 to 20
  - foundation absolute vibration, mm/s ..... from 0 to 15;
  - foundation temperature, °C ..... from 0 to +100.

Frequency range:

- vibration speed, Hz ..... from 10 to 1000;
- vibration displacement ..... from 10 to 500;

Operating temperature, °C:

- sensing devices of vibration speed channels ..... from -40 to +125
- sensing devices of vibration displacement channels of rotor bend and rotation frequency ..... from -40 to +150
- sensing devices of axis displacement channels of relative rotor expansion ..... from +5 to +180
- sensing devices of channels of vessel thermal expansion ..... from +5 to +180
- racks, cabinets ..... from +5 to +60
- Supply voltage ..... ~220 B, 50 Hz
- Power consumption, kW, not more than ..... 10
- Warranty period, month ..... 18
- Life duration with restoration, year ..... 30

# Автоматизация контроля и управления электротехническим оборудованием атомной электростанции



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

## ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ им. Ю.Е. СЕДАКОВА»

[www.niis.nnov.ru](http://www.niis.nnov.ru)

**В.В. Бибииков, В.А. Кольцов, В.А. Насташенко, С.П. Харченко,**

В действующих и разрабатываемых проектах сооружения атомных электростанций (АЭС) различают следующие системы контроля и управления электротехническим оборудованием (СКУ ЭО):

- СКУ ЭО энергоблока, которая предназначена для контроля и управления электрооборудованием, осуществляющим генерацию, выдачу электроэнергии, электроснабжение потребителей собственных нужд и системы аварийного электроснабжения энергоблока;
- СКУ ЭО общестанционного уровня, предназначенную для контроля и управления электрооборудованием схемы выдачи мощ-

ности АЭС и электроснабжения потребителей общестанционных собственных нужд.

Большинство существующих СКУ ЭО выполнены с использованием электромеханической и полупроводниковой элементной базы и введены в работу в прошлом столетии. Оборудование таких систем физически и морально устарело, не удовлетворяет современным требованиям по объёмам информации и сервисам, а поддержание их в работоспособном состоянии требует значительных затрат.

В общем случае СКУ ЭО обеспечивает:

- управление электротехническим оборудованием с использованием устройств телеуправления и выполнение переключений при выведении поврежденных участков сети из работы;
- измерение и регистрацию аналоговых параметров;
- мониторинг и диагностику состояния электротехнического оборудования в нормальных и аварийных режимах;
- автоматизацию процесса управления электротехническим оборудованием, включая синхронизацию генераторов энергоблоков при их подключении к энергосистеме.

В настоящее время создание СКУ ЭО производится по двум направлениям:

1. Путём функционального разделения СКУ ЭО на управляющую и информационную части. При этом управляющая часть строится на базе программно-технических средств типа ТПТС, а информационная часть – на базе программно-технического комплекса сбора информации (ПТК СИ), источниками информации для кото-

рого служат устройства микропроцессорных релейных защит (МНРЗ), встроенные в ЭО.

2. Путём создания единой информационно-управляющей системы на базе промышленных компьютеров и программируемых логических контроллеров с применением цифровых интерфейсов и электротехнических протоколов обмена информацией с устройствами МНРЗ.

Первый путь применяется для автоматизации ЭО энергоблока № 4 Калининской АЭС (генпроектировщик – ОАО «НИАЭП», разработчик ТПТС – ФГУП «ВНИИА», разработчик ПТК СИ – ФГУП «ФНПЦ НИИИС»), энергоблока № 3 Ростовской АЭС (НИАЭП, ВНИИА, НИИИС), энергоблоков № 1 и № 2 Ленинградской АЭС-2 (СПбАЭП, ВНИИА, НИИИС), энергоблоков № 1 и № 2 Балтийской АЭС (СПбАЭП, ВНИИА, НИИИС).

По второму пути создаются СКУ ЭО для энергоблоков № 1 и № 2 АЭС «Куданкулам» (ОАО «Атомэнергопроект», ЗАО «Завод ЭЛЕКТРОПУЛЬТ», НИИИС – в части мозаичных панелей и пультов контроля и управления), энергоблоков № 1 и № 2 Нововоронежской АЭС-2 (Атомэнергопроект, ПКФ ВНИИАЭС – в части программного обеспечения, НИИИС – в части программно-технических средств), энергоблока № 4 Белоярской АЭС (СПбАЭП, ПКФ ВНИИАЭС, НИИИС).

Выбор того или иного направления определяется генпроектировщиком на основе опыта проектирования и референтности применяемых решений.

В связи со строительством на Ростовской АЭС энергоблоков № 3 и № 4 на базе реакторов ВВЭР-1000 ОАО «Концерн Росэнергоатом»

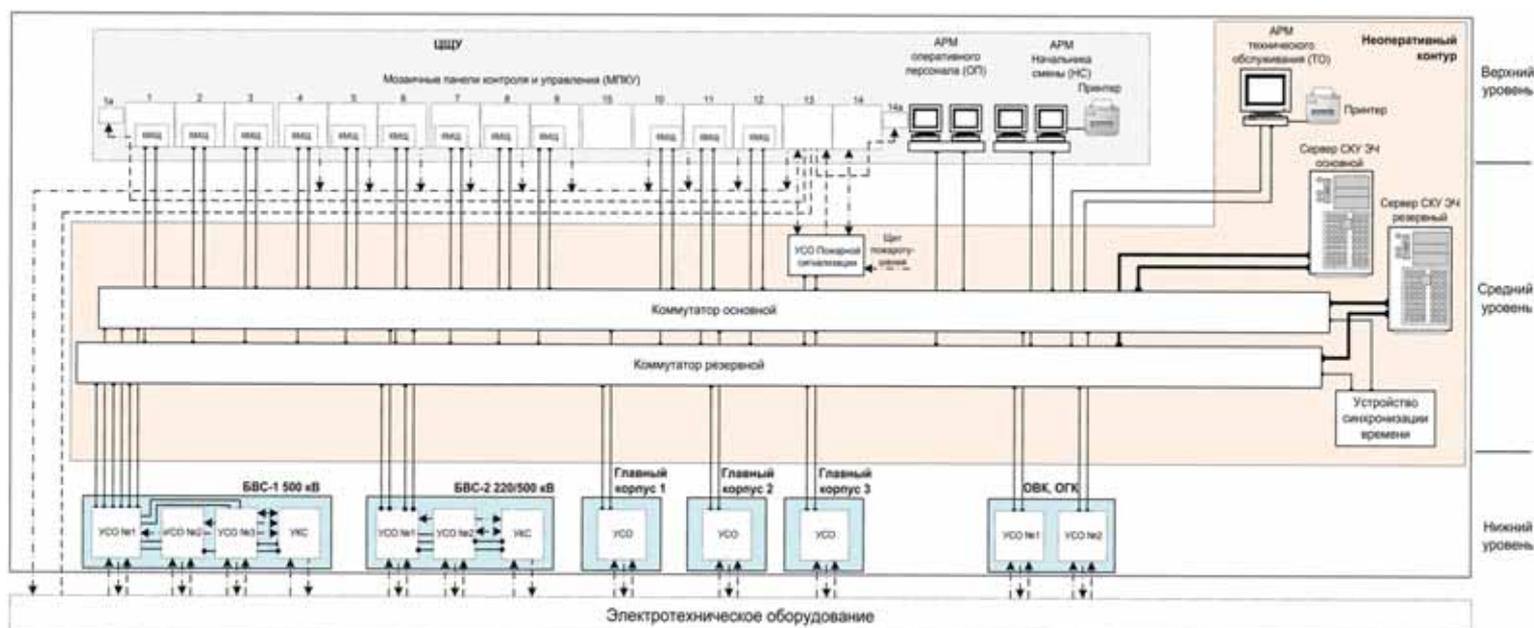


Рис. 1. Структурная схема СКУ ЭО / Fig. 1. EECs block scheme

и НИАЭП принято решение о модернизации существующего центрального щита управления АЭС и создания современной системы контроля и управления электротехническим оборудованием схемы выдачи мощности и общестанционных собственных нужд Ростовской АЭС (СКУ ЭЧ ОУ). К данным работам на конкурсной основе в 2010 г. был привлечен НИИИС, в обязанности которого входили разработка технического задания на СКУ ЭЧ ОУ, конструкторской и эксплуатационной документации, изготовление, проведение испытаний, поставка и ввод системы в действие. Система получила наименование система контроля и управления электротехническим оборудованием схемы выдачи мощности и общестанционных собственных нужд Ростовской АЭС (СКУ ЭЧ ОУ).

Используя накопленный опыт и референтность предыдущих проектов, НИАЭП и НИИИС приняли решение о разработке полнофункциональной информационно-управляющей системы на основе современных программно-технических комплексов, построенных на базе программируемых логических контроллеров, взаимодействующих с МПРЗ в части контроля их срабатывания, которые подключаются непосредственно к вторичным цепям трансформаторов тока и напряжения.

Структурная схема СКУ ЭЧ ОУ Ростовской АЭС приведена на рис. 1.

Внешний вид модернизированного ЦЩУ представлен на рис. 2.

В состав верхнего уровня СКУ ЭЧ ОУ входят автоматизированные рабочие места (АРМ) электротехнического персонала и мозаичные панели резервного контроля и управления электротехническим оборудованием.

Средний уровень включает в себя серверы, коммутаторы, устройство синхронизации времени, устройства пожарной и центральной сигнализации.

Нижний уровень построен на основе устройств сопряжения с объектом (УСО) и устройств контроля синхронизма (УКС).

Программное обеспечение верхнего уровня СКУ ЭЧ ОУ создано на основе SCADA-системы WinCC. Программное обеспечение УСО и мозаичных панелей разработано в среде IsaGRAF 5. Взаимодействие нижнего и верхнего уровней производится по технологии OPC.

Ключевой особенностью системы является возможность контроля и управления электротехническим оборудованием по цифровым каналам независимо с двух постов – с мозаичных панелей контроля и управления и с дисплейных АРМ. Кроме того, наиболее ответственное электрооборудование, отвечающее за выдачу мощности АЭС, может управляться с помощью переключателей по прямым проводным линиям связи без использования цифровых каналов связи. Последнее свойство системы особенно ценно в условиях необходимости обеспечения ввода в эксплуатацию СКУ ЭЧ ОУ на действующей АЭС с минимально возможным временем вывода из работы технологического оборудования.

СКУ ЭЧ ОУ создана как расширяемая система, в которую заложены необходимые резервы программно-технических средств, обеспечивающие контроль и управление электротехническим оборудованием, вводимым с пуском энергоблоков №3 и №4 Ростовской АЭС.

Структура и принципы построения СКУ ЭЧ ОУ обеспечивают возможность поэтапного ввода ее в действие.

Основные функции СКУ ЭЧ ОУ:

- контроль текущего состояния электротехнического оборудования и противоаварийной автоматики по цифровым каналам;



**Рис. 2. ЦЩУ Ростовской АЭС с АРМ основного управления и мозаичным щитом резервного управления (дизайн-проект) / Fig. 2. Central control desk of Rostovskaya NPP with automation-equipped working places and backup control desk (design project)**

- управление высоковольтными выключателями по цифровым каналам в режиме полуавтоматической синхронизации и прямого управления с контролем синхронизма в системе выдачи мощности АЭС;

- управление электротехническим оборудованием собственных нужд АЭС по цифровым каналам;

- контроль целостности каналов (линий) связи;

- контроль работоспособности панелей, блоков, узлов;

- представление информации;

- регистрация, ретроспектива и архивация событий;

- ведение единого времени с использованием сигналов систем ГЛОНАСС/GPS;

- самодиагностика программно-аппаратных средств всех уровней системы, включая контроль состояния программных процессов;

- контроль и защита от несанкционированного доступа.

К настоящему времени (апрель 2013 г.) с положительным результатом завершены комплексные испытания СКУ ЭЧ ОУ на заво-

де-изготовителе и оборудование отгружено на площадку Ростовской АЭС.

Дальнейшие пути развития систем контроля и управления электротехническим оборудованием предполагают интеграцию УСО с МПРЗ по цифровым каналам связи, а также применение новых программно-технических средств, разрабатываемых в НИИИС, таких как многодисплейные рабочие станции, дисплейные сенсорные панели, экран коллективного пользования с мозаичными пультами контроля и управления наиболее ответственным оборудованием. Это позволит создать СКУ ЭО следующего поколения и использовать данный подход как при построении центральных щитов СКУ ЭО АЭС, так и блочных пунктов управления проектируемых АЭС (рис. 3).

С учетом накопленного опыта при создании ПТК СИ энергоблока №4 Калининской АЭС и энергоблока №3 Ростовской АЭС, СКУ ЭЧ ОУ Ростовской АЭС ФГУП «ФНПЦ НИИИС» обладает необходимым инженеринговым и производственным потенциалом для создания и модернизации СКУ ЭО энергоблоков и АЭС, а также других сложных энергетических объектов.



**Рис. 3. Перспективный центральный щит управления АЭС с рабочими станциями основного управления, экраном коллективного пользования и мозаичными пультами резервного контроля и управления (проект) / Fig. 3. Designed central control desk with working stations, remote viewing display and backup control panels**

# Automation of electrical equipment control system at nuclear power plant

## FEDERAL RESEARCH AND PRODUCTION CENTER MEASURING SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE NAMED AFTER Yu. Ye. SEDAkov

[www.niis.nnov.ru](http://www.niis.nnov.ru)

**V. Bibikov, V. Koltsov, V. Nastashchenko, S. Kharchenko**

The following electrical equipment control systems (EECS) are installed at operating nuclear power plants and those under construction:

- EECS of the power unit designed to control electrical equipment responsible for power generation and supply, power delivery to auxiliaries and emergency power system of the power unit;

- station level EECS designed to control electrical equipment of the scheme of power distribution and auxiliaries of the station level.

The major part of EECS use electromechanical and semiconductor element base and were put into operation in the previous century. The equipment is outdated physically and morally, it does not meet modern requirements to data volume and services, while its maintenance is very costly.

In general, EECS is responsible for:

- electrical equipment control with the use of telecontrol devices as well as disconnecting faulty subcircuits;

- measuring and registration of analog parameters;

- monitoring and diagnostics of electrical equipment in normal and emergency conditions;

- automation of electrical equipment control including synchronization of the units generators when they are connected to the electric energy system.

In development of EECS the following two practices are used:

1. Functional partition of EECS into control and information parts. The control part is based on standard software and hardware tools, the information part is based on information acquisition software and hardware tools. The latter use microprocessor protection relays built in the electrical equipment as data sources.

2. Design of the single management information system (MIS) on the basis of industrial computers and programmable logic controllers with the use of digital interface and electrotechnical information protocols.

The first practice has been applied for EE control automation at the 4th unit of Kalininskaya NPP (Chief Designer – NIAEP JSC, developer of software and hardware tools – VNIIA, developer of information acquisition tools – NIIS), the 3rd unit of Rostovskaya NPP (NIAEP, VNIIA, NIIS), units № 1 and 2 of Leningradskaya NPP (Saint-Peters-

burg Atomenergoproekt, VNIIA, NIIS), units No 1 and 2 of Baltiyskaya NPP (SPB AEP, VNIIA, NIIS).

The other practice is applied in EECS development for units No 1 and 2 of Kudankulam NPP (Atomenergoproekt, Elektropult Plant CJSC, NIIS – abaci and monitoring and control panels), units № 1 and 2 of Novovoronezhskaya NPP-2 (Atomenergoproekt, VNIIAES – software, NIIS – software and hardware tools), the 4th unit of Beloyarskaya NPP (SPB AEP, VNIIAES, NIIS).

It is the Chief Designer that chooses an appropriate practice taking into consideration the experience in designing and reference of the decisions applied.

In relation to the construction of units No 3 and 4 of Rostovskaya NPP based on WWER-1000 reactor, Rosenergoatom Concern and NIAEP have taken a decision to upgrade the central control desk and to develop an advanced EECS responsible for power distribution scheme and power supply to auxiliaries of the station level. NIIS-gotengaged in the project by tender in 2010. It is responsible for development of the performance specification, design and operational documentation, manufacture, testing, supply and commissioning of the system. The system was named as electrical equipment control system of power distribution scheme and auxiliary power supply (EECS PDS) of Rostovskaya NPP.

Based on the accumulated expertise and reference to previous projects, NIAEP and NIIS have decided to develop a full-scale management information system on the basis of modern software and hardware tools with the use of programmable logic controllers that are connected directly to secondary circuits of current and voltage transformers.

See Fig. 1 for the block scheme of EECS PDS of Rostovskaya NPP.

See Fig. 2 for the layout of the central control desk.

The upper level of EECS PDS comprises automation-equipped working places of electrical personnel and abaci of electrical equipment back-up control.

The average level comprises servers, switchboards, a synchronizing device, fire alarm and central display systems.

The lower level comprises bridging devices and synchronism controlling units.

Software of the upper level uses SCADA-system WinCC. Software of the bridging devices and abaci is developed in IsaGRAF 5 environment. To ensure interaction of the upper level and the lower level, OPC technology is used.

A peculiar feature of the system is its ability to control electrical equipment via digital circuits from two independent posts: from abaci panels and automation-equipped working places. The critical equipment responsible for power generation can be controlled by means of interchanging switches via direct hardlines without any use of digital communication channels. This feature is especially convenient when

it is necessary to put EECS DPS into operation at an operating NPP and to cut time of decommissioning of plant.

EECS DPS is an open system providing reserves of the software and hardware required to control electrical equipment that will be put into operation when units 3 and 4 of Rostovskaya NPP are commissioned.

With its structure and design concept, phase-in commissioning of EECS DPS is possible.

EECS DPS performs the following functions:

- current state control of electrical equipment and automated protective devices via digital channels;

- control of high-voltage circuit breakers via digital channels in the semi-automatic synchronization regime and direct control regime with control of synchronism in the NPP power generation system;

- control of auxiliary electrical equipment via digital channels;

- communication circuits integrity control; performance monitoring of panels, blocks and units;

- information representation;

- logging, back observation and archivation;

- keeping common time with the use of GLO-NASS/GPS signals;

- self-diagnostic check of software and hardware tools of all levels including status check of software processes;

- unauthorized access protection.

By April 2013 full-scale testing of EECS DPS had been completed at the manufacturing plant and the equipment has been delivered to Rostovskaya NPP.

To further develop electrical equipment control systems, it is planned to provide integration of the bridging devices with microprocessor protection relays via digital communication channels and to apply software and hardware tools developed by NIIS, such as multi-display workstations, display touch panels, remote viewing displays with abaci check panels for the critical equipment. It will result in EECS of the next generation and a possibility to use the given approach to development of central control desks and control units of NPPs being designed (Fig. 3).

With its experience in information acquisition tools for the 4th unit of Kalininskaya NPP and the 3rd unit of Rostovskaya NPP, EECS DPS of Rostovskaya NPP, NIIS has engineering and production potential required to develop and upgrade EECS of power-generating units and NPP as well as EECS of other sophisticated power facilities.

# ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

РЕГИСТРАТОРЫ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЙ АУРА, РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ РЕГИСТРАТОРЫ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЙ АУРА-Р, ПЕРЕНОСНЫЕ РЕГИСТРАТОРЫ ТРАНСАУРА, КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПУНКТЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ АУРА-КП, ТЕЛЕМЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ АУРА-ТМ, СИСТЕМЫ СБОРА АВАРИЙНОЙ ИНФОРМАЦИИ, АСУ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, КОНТРОЛЬНЫЕ РЕЛЕ-КЛЕММЫ, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

## Регистратор аварийных событий АУРА

Монтаж в одностороннем (с поворотной рамой), двухстороннем шкафах и на стандартных панелях ПКР



## Распределенный регистратор АУРА-Р



## Моноблок АУРА-Компакт

Регистраторы аварийных событий АУРА, АУРА-Р и АУРА-Компакт выполняют следующие функции: регистрация аварийных процессов, автоматическая обработка аварийных файлов, регистрация изменения состояния дискретных сигналов, замещение нормальных режимов и технического учета, синхронизация времени, диагностика. АУРА имеет встроенные TCP-, WEB- и Microsoft Windows Dial-Up серверы, E-Mail клиент, клиент для SNMP. При обнаружении USB Flash-диска происходит автоматическое копирование аварийных файлов на него. Имеются широкие возможности создания виртуальных каналов контроля нескольких уровней с выводом их на средства мониторинга, долгосрочное хранение данных с возможностью архивации. Многофункциональность, широкие возможности по конфигурации и анализу, определение ОМП.

**Краткие технические характеристики:**

- Питание =220/110 В, ~220/127 В
- Число аналоговых каналов: 2-256
- Число дискретных каналов: 8-512
- Число цифровых каналов (RS-485): до 8000
- Частота дискретизации каналов: 10-1536 точек/период(500-76800 Гц)
- Фиксируемый регистратором предаварийный режим от 0 до 3 минут (с возможностью увеличения времени)
- Дисковый накопитель: Flash-диск не менее 4 Гб или жёсткий диск не менее 40 Гб
- Погрешность регистратора не более 0,5%
- Разрядность АЦП 12 бит и 16 бит для АУРА-Р
- Передача осциллограмм производится по протоколу МЭК 60870-5-104 в спорадическом режиме сразу после записи аварийного файла. Наличие меток времени в протоколе позволяет построить огибающие аналоговых сигналов, в том числе и углов сдвига фаз
- Длительность записи осциллограмм аварийного файла регулируется в пределах от 0 до 2 часов
- Пусковые характеристики: любой аналоговый канал переменного или постоянного тока-напряжения, расчётные каналы I2, U2, 3U0, 3I0, любой дискретный канал на замыкание или на размыкание контролируемых контактов, либо оба варианта вместе
- Реализован стандарт МЭК 61850-8-1 (MMS)
- Оборудование ПТК "АУРА-07" аттестовано в ФСК.

## ООО «СВЕЙ»

620026, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, д. 240, кор. 1, офис 7.

Тел.: +7 (343) 216-7495, 216-7496. Тел./факс: +7 (343) 216-7497. Тел. АТС ОДУ Урала: 25-68; 25-69.

E-mail: [aura@mail.ur.ru](mailto:aura@mail.ur.ru) Web-site: [www.aura-e.ru](http://www.aura-e.ru)

**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



## ООО «КБ ТЕХНАБ»

Россия, 249034, Калужская обл.  
г. Обнинск-4, а/я 4039  
Тел.: (48439) 3-44-33, 9-70-22  
E-mail: teh@xdx.ru

ООО «КБ Технаб» специализируется на поставках оборудования, запасных частей, расходных материалов на объекты атомной энергетики России, ближнего и дальнего зарубежья. Лицензии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № МО-02-101-0309 от 27.04.07 г., № МО-02-101-0310 от 27.04.07 г., № ЦО-03-101-5401 от 16.04.2010 г., № ЦО-02-101-5402 от 16.04.2010 г. на право выполнения работ и предоставление услуг при эксплуатации действующих и строящихся атомных станций.

Мы имеем многолетний опыт работы с атомными электростанциями России, ближнего и дальнего зарубежья.

С 1993 года ООО «КБ Технаб» осуществляет поставку на Балаковскую, Кольскую, Смоленскую, Ленинградскую, Курскую АЭС (Россия).

С 2002 года – на АЭС «ПАКШ» (Венгрия).

С 2003 года – на Волгодонскую и Калининскую АЭС (Россия).

С 2004 года – на Запорожскую и Ровенскую АЭС (Украина).

С 2005 года – в НАЭК Украины, Хмельницкую и Южноукраинскую АЭС (Украина).

С 2008 года – на Армянскую АЭС.

С 2008 года – ОАО «ИСК «Атомстрой» (г. Москва).

С 2009 года – на ФГУП «ГХК».

С 2010 года – на Билибинскую АЭС.

С 2011 года – в ЗАО «Атомстройэкспорт».

У ООО «КБ Технаб» заключены дистрибьюторские и дилерские соглашения со следующими заводами-изготовителями:

– ООО «СНИИП-АСКУР» (системы внутриреакторного контроля СВРК-М);

– Харьковский государственный приборостроительный завод им. Т. Г. Шевченко (автоматизированные системы управления и регулирования технологическими процессами турбинных отделений АСР

ТО, включая ЭГСР и СКМВТ, и реакторных отделений АСР РО; программно-технические комплексы автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами энергоблоков);

– ОАО «Теплоприбор», г. Рязань (преобразователи давления «Сапфир-22Р», МР, блоки питания, диафрагмы, сигнализаторы и датчики-реле уровня и потока РОС, уровнемеры РИС);

– ООО «ОКБ СП», г. Обнинск (комплексы измерения расхода воздуха);

– ООО НПП «Комплексы и системы», г. Пенза (средства промышленной автоматизации на основе комплекса ПАССАТ);

– ОАО «ВНИИАЭН», г. Сумы, Украина (запчасти к насосам, пластинчатые муфты и т. д.);

– АООТ «Завод Автоматика», Армения (системы промышленной антисейсмической защиты, вторичные приборы);

– ОАО «Кристалл», г. Усолье-Сибирское (сцинтилляционные детекторы СДН);

– ОАО «АБС ЗЭИМ Автоматизация», г. Чебоксары (МЭО исполнительные механизмы);

– РУП «ВЗЭП», г. Витебск (измерители мощности, вольтметры, стрелочные приборы);

– ФГУП «НИИ физических измерений», г. Пенза (дистанционные указатели ДУ, сигнализаторы уровня СУ, сигнализаторы температуры СТ);



**Фотоэлектронный умножитель ФЭУ производства ОАО «Экран», г. Новосибирск**



**Микропроцессорный преобразователь «Сапфир 22МР» производства ОАО «Теплоприбор», г. Рязань**

– ОАО «Электротермометрия», г. Луцк, Украина (термопары, газо- и теплосчетчики);

– НПО «Термоприлад», г. Львов, Украина (термопары);

– ОАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе», г. Сумы, Украина (насосы, центрифуги, газодувки и запчасти к ним);

– ЗАО «Гидромашсервис», г. Москва (насосы и запчасти к ним);

– АООТ ФЭХК «Высокая Энергия», г. Москва (двигатели 0,4 кВт в исп. «для АЭС» класс безопасности 3Н);

– ООО «Атомспецсервис», г. Волгодонск (нестандартное оборудование, блоки ТЭНБ, комплексы для модернизации перегрузочных машин);

– ОАО «Экран-Оптические системы», г. Новосибирск (ФЭУ – фотоэлектронные умножители);

– ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары (защита станционного оборудования, шкафы серий ШЭ 1110... 1113, микропроцессорные устройства РЗА);

– ООО «Кандалакшский опытно-механический завод», г. Кандалакша (нестандартные металлоконструкции, оборудование для АЭС);

– ООО НПП «Пульс», г. Белгород (устройство электромагнитное противонакипное УЭП).

Это позволяет нам вести поставки изделий гарантированного качества в сжатые сроки. Мы отвечаем за качество предоставляемой продукции перед заказчиком, ведем вместе с ним рекламационную работу по продукции, не отвечающей нормам ТУ и ГОСТам. На поставляемую нами продукцию распространяются гарантии заводов-изготовителей в полном объеме.

Все вышеуказанное позволяет нам в течение 15 лет успешно осуществлять поставки изделий и



**Многооборотный электромеханизм МЭМ-100 производства ОАО «АБС ЗЭИМ Автоматизация», г. Чебоксары**



**Измерительный преобразователь Е855 производства РУП «ВЗЭП», г. Витебск**

приборной продукции предприятий-изготовителей на объекты ядерной энергетики России, ближнего и дальнего зарубежья.

ООО «КБ Технаб» является официальным дилером компании ЗАО «АББК-АСУ», г. Обнинск, которое совместно с партнером ЗАО «Baltijos informacines sistemas» предлагает новое комплексное решение для АСУ ТП АЭС – базовый комплекс Системы автоматизированного контроля и управления BISMARC.

САКУ BISMARC является современной системой, которая может быть сконфигурирована и использована практически для любых видов задач мониторинга и управления технологическим процессом. Система имеет архитектуру «клиент-сервер» с организацией передачи данных по TCP/IP и резервированием серверов. Программное обеспечение сервера выполняет сбор данных от контроллеров, их обработку, архивацию, в то время как клиентские приложения отображают данные в режиме реального времени и осуществляют взаимодействие с пользователем. В распределенной конфигурации каждый узел может выполнять роль сервера и клиента. BISMARC доступна на платформе Linux или Windows.

Подсистема ввода/вывода строится на базе оборудования компании RTP Corp. Могут применяться контроллеры и карты ввода/вывода серий RTP2300/2500 или RTP3000.

Результаты говорят сами за себя:

– время реакции 12 мс;  
– инициативные сигналы с регистрацией 1 мс SOE (аналоговые и дискретные);  
– наработка на отказ (MTBF) больше чем 2500 лет;

– время ложных срабатываний (MTTFS) больше чем 3000 лет;

– средняя вероятность ошибки по запросу (PFDavg) в пределах  $4.56 \times 10^{-5}$ ;

– наивысшая работоспособность (целостность): SIL 1-3;

– специальные модули для управления с циклом 1 мс (к примеру, ротационные машины или экзотермические химические реакции).

Всеобъемлющая диагностика RTP позволяет выявить следующие возможные сбои и ошибки в работе системы:

– обрыв линий ввода/вывода;  
– превышение допустимых значений для плат аналогового ввода;

– внутренние ошибки плат ввода/вывода;

– внутренние ошибки контроллера шасси;

– внутренние ошибки центрального контроллера.

Системы сбора данных, реализованные на базе контроллеров RTP, успешно эксплуатируются на Игналинской АЭС, Калининской АЭС, Нововоронежской АЭС, Армянской АЭС, Темелинской АЭС и на многих других атомных станциях во всем мире.

В 2010 году выполнена поставка на Смоленскую АЭС САКУ BISMARC на базе контроллеров RTP2500, которая будет управлять установкой цементирования жидких радиоактивных отходов.



**Продукция научно-производственного предприятия «ЭКРА». Шкаф станционного оборудования серии ШЭ1111**



# Компьютерный инженерный анализ – ключевой инструмент разработки энергетического оборудования



**ООО «ЭМ-ЭС-СИ СОФТВЭР РУС»**

(Дочерняя компания MSC Software Corporation в России и СНГ)

123056, Москва, ул. Зоологическая, д. 26, стр. 2

Тел.: (495) 363-06-83

Факс: (495) 787-76-06

E-mail: sergey.sergievskiy@mscsoftware.com

www.mscsoftware.ru

www.mscsoftware.com

Решение вопросов, связанных с получением необходимого количества энергии, определяет развитие экономики страны, уровень жизни ее населения и безопасность. Среди различных источников энергии особую роль играет атомная энергетика. Разработка оборудования для нее требует применения особой технологии проектирования, ключевым элементом которой является компьютерный инженерный анализ.

Компания MSC Software (Санта Ана, Калифорния, США) с 1963 года разрабатывает программные технологии для компьютерного инженерного анализа. Сейчас технологии MSC Software (конечно-элементные решатели MSC Nastran, Marc, Dytran, системы теплового анализа MSC Sinda и акустического анализа Astrap, комплекс для виртуального моделирования машин и механизмов Adams, конечно-элементные пре- и постпроцессоры Patran и MSC SimXpert и др.) применяются в более чем 20 тысячах компаниях-производителях высокотехнологичных изделий во всем мире (в том числе, в 200 компаниях в России, Белоруссии, Украине, Казахстане).

Среди прочих задач программы MSC Software применяются для решения проблем управления жизненным циклом энергетического оборудования (в том числе, для атомной энергетики). Рассмотрим несколько примеров применения технологий MSC Software в предприятиях Росатома, о которых докладывалось на конференциях пользователей программных продуктов MSC Software, проводившихся как в России, так и за рубежом.

ОАО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» использует программный пакет Marc как для прочностного анализа тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) при работе атомного реактора, так и для компьютерного моделирования изготовления таблеток топлива (рис. 1).

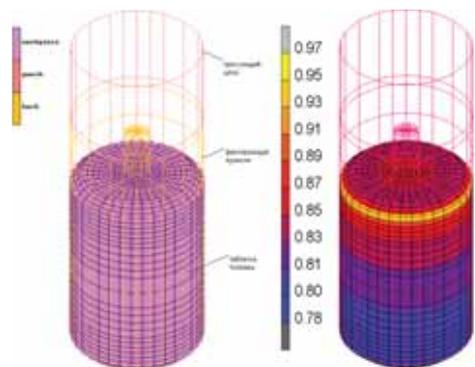


Рис. 1. Компьютерное моделирование изготовления таблетки топлива: изменение относительной плотности в процессе прессования

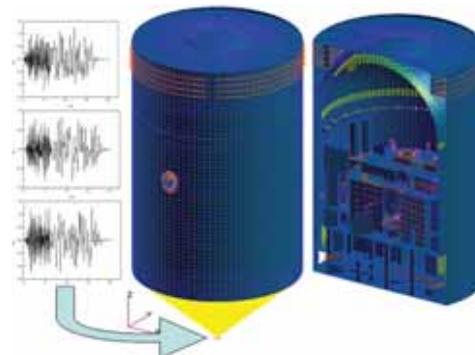


Рис. 3. Расчёт воздействия землетрясения на здание АЭС

ОАО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» использует программный пакет Marc для расчетов напряженно-деформированного состояния корпуса атомных реакторов типа ВВЭР (рис. 2).

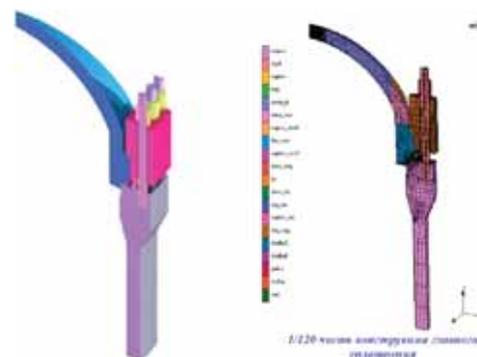


Рис. 2. Расчёт НДС корпуса атомного реактора типа ВВЭР

По общеизвестным причинам к оборудованию атомной энергетики предъявляются повышенные требования в части его надежности и безопасности. Поэтому анализу работы оборудования АЭС в условиях экстремальных ситуаций уделяется особое внимание. ОАО «СПбАЭП» применяет MSC Nastran для анализа прочности зданий АЭС (рис. 3), а ОАО «ОКБМ Африкантов» использует программный комплекс Adams для виртуального моделирования динамики ротора турбомашин при землетрясении (рис. 4).

Компьютерные технологии MSC Software обеспечивают решение важнейших задач инженерного анализа высокотехнологичных машин и механизмов и, таким образом, являются ключевым инструментом разработки объектов атомной энергетики.

**По материалам компании MSC Software**

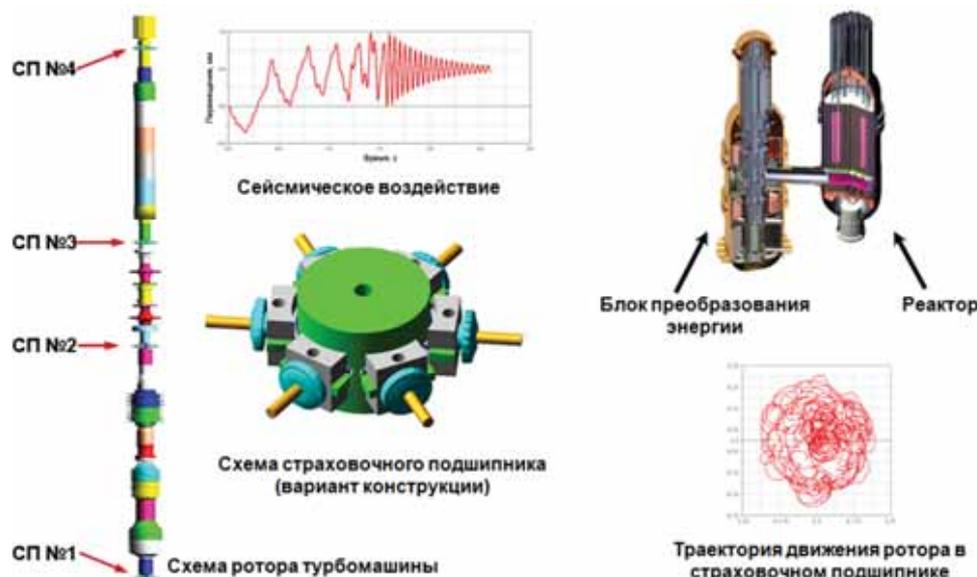


Рис. 4. Моделирование динамики ротора турбомашин при землетрясении



## Защита и обслуживание АЭС NPP protection & service

# Новое поколение железобетонных ограждений



## ЗАО «ЦЕСИС НИКИРЭТ»

440013, г. Пенза, ул. Чаадаева, 62  
Тел./факс: (8412) 37-40-50, 37-40-48  
E-mail: info@cesis.ru, snabsbit@cesis.ru  
www.cesis.ru, www.cesis-proekt.ru

Несмотря на широкое применение сетчатых сварных ограждений, железобетонные конструкции оставляют за собой определённую нишу как прочные и нетранспарентные ограждения, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к средствам физической защиты объектов.

Учитывая потребности заказчиков и опыт нашего предприятия в разработке, производстве и монтаже инженерно-технических средств физической защиты, для серийного выпуска были разработаны железобетонные ограждения, соответствующие современным требованиям безопасности, главным образом, энергетических объектов (Постановление правительства РФ от 05.05.2012 г. № 458 «Об утверждении Правил по обеспечению безопасности и антитеррористической защищённости объектов топливно-энергетического комплекса», Федеральный закон от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» и др. нормативные документы).

При разработке учитывались и, соответственно, реализовывались следующие заданные положения:

- высота панели железобетонного ограждения 2,5 м от поверхности грунта, что не требует необходимости применения дополнительных элементов конструкции;
- длина – 4 м, соответствует стандартной или общепринятой;
- максимальная толщина – 160 мм, а минимальная толщина – в зоне



**И. ВАСИЛЬЕВ,**  
главный конструктор  
ЦЕСИС НИКИРЭТ

- рисунка – варьируется от 40 до 100 мм, в зависимости от требований потребителя;
- внутреннее заполнение и армирование не отличается от стандартного;
- конструкция панели исключает сварочные работы при её установке на объекте;
- перепад высот установки соседних панелей – 0 или 120 мм;
- профиль торца боковых поверхностей исключает просматриваемые щели в стыках;
- срок эксплуатации не менее 30 лет.

### Принципиальная новизна

В данном случае реализована технология производства панелей железобетонного ограждения непосредственно на объекте, где они будут установлены, исключающая затраты на перевозку и снимающая вопросы, связанные с требованиями перевозки крупногабаритных грузов.

При этом гарантийные обязательства перед заказчиком несёт организация-производитель панелей.

Предусмотрены два основных варианта монтажа:

- установка панелей в заранее монтируемый каркас (Рис. 1);
- установка панелей в усиленные щелевые стаканы (известный способ) (Рис. 2).

Применение металлического каркаса позволило получить ряд положительных качеств:

- элементы каркаса поставляются в состоянии максимальной заводской готовности и в компактном виде;
- вертикальные элементы каркаса обеспечивают фиксацию железобетонных плит в вертикальной плоскости и не требуют фиксации верхних кромок соседних панелей, при этом снижается трудоемкость монтажа и исключаются сварочные работы;
- продольные элементы конструкции каркаса выполняют функцию кондуктора при монтаже вертикальных элементов.

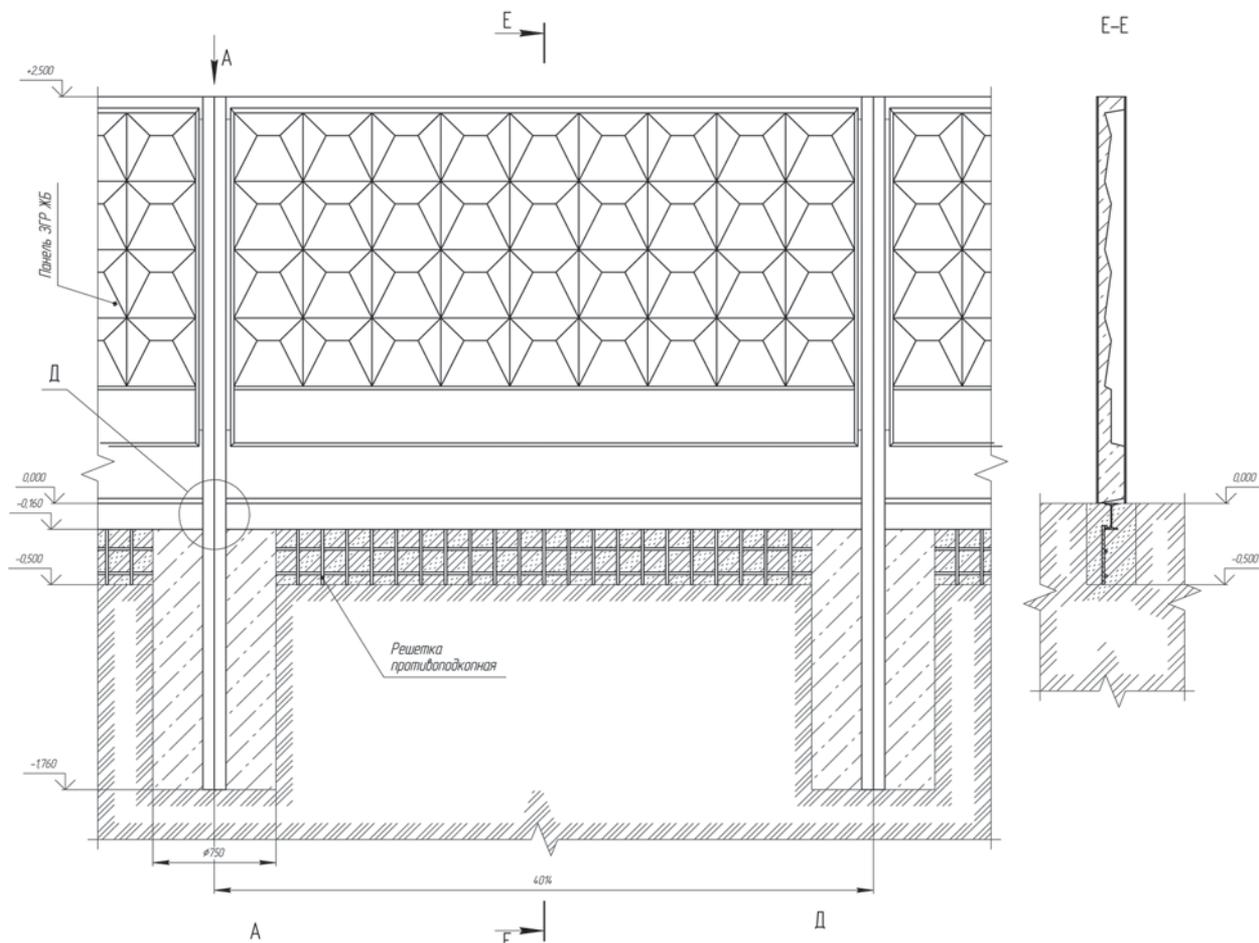


Рис. 1

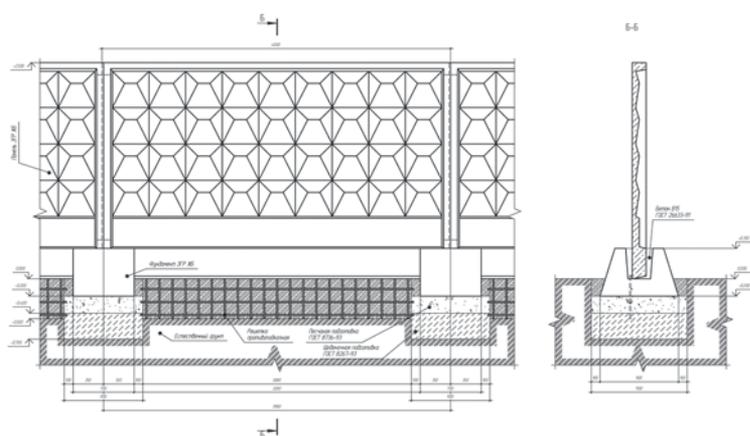


Рис. 2

Продольные элементы каркаса, к которым на стадии сборки крепятся части противоподкопной конструкции, являясь несущими для железобетонной плиты, исключают возможность ее оседания в случае установки ограждения на слабых грунтах. Использование каркаса позволяет проводить монтажные работы поочередно. При этом монтаж каркаса может проводиться без использования грузоподъемной техники, а последующая установка панелей в готовый каркас сокращает сроки монтажа, тем самым повышая эффективность использования подъемной техники.

В ограждении предусмотрены закладные элементы, снижающие трудоёмкость монтажных работ и позволяющие без повреждения плиты многократно заменять компоненты дополнительного оборудования (кронштейны, козырьки, короба и т. п.) при модернизации либо их повреждении.

Количество и периодичность расположенных на панели закладных элементов позволяют устанавливать дополнительное оборудование с шагом, не кратным 4 м (длине панели). Расположение закладных элементов позволяет адаптировать к конструкции ограждения дополнительное оборудование как ЗАО «ЦеСИС НИКИРЭТ», так и других предприятий.

В нижней части панели предусмотрены конструктивные элементы, предназначенные для крепления противоподкопных конструкций.

Внутри полотна панели могут быть выполнены кабель-каналы и заложены тросовые системы для придания ограждению противотаранных свойств. Кроме того, предусмотрена возможность в процессе производства изготавливать панели с датчиками разрушения.

Все функциональные возможности определяются потребителем на стадии формирования заказа и реализуются в процессе изготовления панелей железобетонного ограждения с использованием одной и той же оснастки. То есть изменение функциональности может производиться вплоть до момента заливки бетона в форму.

Дополнительно прорабатывается возможность использования в основании железобетонной плиты конструктивных элементов противотаранной системы, которые начинают воздействовать на транспортное средство в начальный момент опрокидывания железобетонной панели ограждения. Данные элементы находятся в завершающей стадии разработки и могут появиться как вариант исполнения железобетонного ограждения в ближайшее время.

#### Резюме

Подводя итоги краткого обзора представленного направления развития железобетонных ограждений, хотелось бы еще раз отметить основные функциональные новшества:

- снижение трудозатрат на всех стадиях монтажа, включая монтаж дополнительных конструкций (козырьков, коробов, кабель-каналов и т. п.);
- исключение затрат и трудностей, связанных с перевозкой конструкций железобетонного ограждения на большие расстояния;
- обеспечение поэтапного или отдельного монтажа отдельных элементов конструкции ограждения, а также его монтаж на грунтах со слабыми несущими способностями;
- обеспечение противотаранных и сигнализационных свойств.

Задать вопросы и получить подробную информацию у автора можно по телефону (8412) 37-40-75 или e-mail kb@cesis.ru.

**Игорь ВАСИЛЬЕВ,**  
главный конструктор ЦеСИС НИКИРЭТ

# ПРОТИВОТАРАННЫЕ УСТРОЙСТВА ШЛАГБАУМНОГО ТИПА ПТУ



Выдерживают таран  
до 20т / 40км/ч

Ширина проезда 4,5 / 6 / 7,5 м  
Условия эксплуатации от -50°C до +40°C



**ЦеСИС®**

ЗАО "ЦеСИС НИКИРЭТ"  
440013, г. Пенза, ул. Чаадаева, 62  
тел./факс: (8412) 37-40-50, 37-40-48  
e-mail: info@cesis.ru, snabsbit@cesis.ru  
www.cesis.ru, www.cesis-proekt.ru



# Формирование комплекса технологий и систем для экологически безопасного вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС



## МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ», Г. СЕРПУХОВ

142210, г. Серпухов Московской обл.,  
Б. Ударный пер., д. 1а  
Тел.: 8-4967-35-31-93  
Факс: 8-4967-35-44-20  
www.iifrf.ru

О.В. Кемаев, канд. техн. наук  
А.А. Коробков, канд. техн. наук, доц.  
М.В. Кулик  
В.В. Редькин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

По данным Всемирной ядерной ассоциации (WNA) в период до 2020 г. во всем мире будет выводиться из эксплуатации более 200 энергоблоков АЭС. Из них на территории бывшего СССР по экспертным оценкам после 2015 года должна быть прекращена эксплуатация 25 энергоблоков АЭС.

В связи с этим в РФ и за рубежом разрабатываются проекты технологических комплексов для экологически безопасного вывода из эксплуатации (ВЭ) как одноконтурных энергоблоков (с активированным паротурбинным оборудованием), так и двух- и трехконтурных энергоблоков (с неактивированным паротурбинным оборудованием).

Уже сделаны предварительные оценки стоимости ВЭ энергоблоков АЭС. По данным французских экспертов стоимость ВЭ может составить от 15 до 50% стоимости строительства энергоблока.

На этапе разработки принципиальных технологических схем комплекса для безопасного и эффективного ВЭ двух- и трехконтурных энергоблоков АЭС в качестве базовых технологий были выбраны:

- азотные технологии для форсированной и длительной флегматизации атомных реакторов;
- технологии безабразивной очистки основного и вспомогательного оборудования энергоблоков;
- технологии консервации осушенным воздухом оборудования остановленных энергоблоков;
- технологии демонтажной и разделительной резки всего спектра оборудования и конструкционных материалов энергоблоков.

На основе выбранных технологий могут быть построены структурно-технологические схемы четырех пилотных систем комплекса для безопасного ВЭ двух- и трехконтурных энергоблоков АЭС.

### 1. Многорежимная азотная криогенная система (МАКС) для форсированной и длительной флегматизации атомного реактора

- Основные подсистемы МАКС:
- оживительная подсистема с турбомашинной установкой получения и оживления азота;
  - рефрижераторная подсистема с турбомашинной установкой реконденсации паров жидкого азота;
  - подсистема бездренажного хранения и газификации жидкого азота с тепловыми аккумуляторами (для форсированной флегматизации реакторов) и атмосферными испарителями (для длительной флегматизации).

Выбор криогенных циклов и принципиальных структурных схем установок для МАКС проводился

по критериям «надежность – термодинамическая эффективность».

Выбранные схемные решения установок одного и двух давлений для оживления и реконденсации паров азота с высоконадежными турбодетандерами низкого давления целесообразно использовать при построении надежной и эффективной многорежимной азотной криогенной системы АЭС.

При включении в структурную схему МАКС резервной жидкостной воздухоразделительной установки (ВРУ) последняя может обеспечивать жидкими продуктами разделения воздуха региональных потребителей. Это позволит в течение длительного времени аккумулировать средства, необходимые для ВЭ энергоблоков АЭС.

### 2. Система безабразивной очистки (СБО) основного и вспомогательного оборудования энергоблоков АЭС

Для вывода из эксплуатации энергоблока АЭС, независимо от продолжительности останова, а также перед консервацией все агрегаты энергоблока для защиты от коррозии должны быть очищены и высушены. При этом одним из главных требований является обеспечение экологической безопасности. Исходя из этого требования была построена система безабразивной очистки (СБО) гранулами  $\text{CO}_2$  тепломеханического оборудования АЭС. Базовым процессом в СБО является процесс очистки высокоскоростной струей гранул  $\text{CO}_2$ , сублимирующихся при соударении с очищаемой поверхностью.

Так как активным чистящим веществом является сухой лед в виде гранул, которые испаряются в процессе очистки, СБО не производит дополнительной субстанции для последующей утилизации, кроме веществ, удаляемых с поверхности через блок фильтрации.

Построенная пилотная СБО позволяет проводить безабразивную очистку поверхностей неактивированного оборудования.

Очередным этапом создания СБО для ВЭ энергоблоков АЭС является разработка типовых рядов установок безабразивной очистки как неактивированного, так и активированного оборудования энергоблоков АЭС.

### 3. Бескомпрессорные воздухоосушительные системы для сушки и консервации оборудования остановленных энергоблоков

После этапа очистки остановленного оборудования энергоблока все агрегаты должны быть высушены и переведены в режим консервации для защиты от коррозии.

Проведенный сравнительный анализ эффективности технологии сушки энергооборудования горячим воздухом и технологии безнагревного влагоудаления с помощью сухого воздуха низкого давления показал, что применение горячего воздуха обходится в среднем в 7 раз дороже и технологически менее эффективно из-за конденсации влаги в тупиковых зонах агрегатов. В силу этих факторов предпочтение отдано бескомпрессорным воздухоосушительным системам (БВС) низкого давления.

Для энергетически эффективного применения мощных БВС при выводе из эксплуатации энергоблоков АЭС в МОУ «ИИФ» разработана теплонасосная схема БВС-6000 с дизелем-воздуходувкой производительностью 6000 м<sup>3</sup>/час сухого воздуха.

Коэффициент использования теплоты в тепловом насосе с дизелем примерно в 2 раза больше, чем в тепловом насосе с электродвигателем.

Аналог этой БВС – модель ДТ-8000 (DehuTech AB) успешно использовался для безнагревного удаления влаги из паровой турбины мощностью 970 МВт. В течение 24 часов турбина, генератор, пароперегреватель и конденсатор были высушены.

Очередным этапом создания БВС для ВЭ энергоблоков АЭС является разработка типовых рядов бескомпрессорных воздухоосушительных

установок низкого давления (с электроприводом) и повышенного давления (с дизелем-газодувкой).

### 4. Криогазовая система универсальной роботизированной резки паротурбинного оборудования энергоблоков атомных электростанций, выводимых из эксплуатации

Разрабатываемая криогазовая система универсальной роботизированной резки (КСУРР) предназначена для комплексной утилизации двух- и трехконтурных энергоблоков АЭС.

Для проведения экологически безопасной демонтажной (внутрицеховой) резки оборудования энергоблоков, трубопроводов и металлоконструкций выбраны технологии: холодной резки, узкоплазменной и лазерной резки, включая их наиболее эффективные кислородные модификации на кислороде повышенной чистоты.

Для проведения габаритной разделки демонтированного оборудования на открытой площадке выбраны криогазовые кислородно-флюсовая и плазменная технологии, обеспечивающие многопостовую резку.

Выбор криогазовых вариантов технологии газопитания КСУРР обусловлен необходимостью обеспечить максимальную пожаровзрывобезопасность, надежность и эффективность системы, размещаемой на площадке АЭС. В предлагаемых системах предусмотрено также использование гранул «сухого» льда для экологически безопасной криоструйной очистки от различных отложений фланцевых разъемов и поверхностей оборудования перед демонтажем и резкой.

На следующих этапах разработки КСУРР требуется:

1. проведение сравнительного технико-экономического анализа предлагаемых технологий и систем резки с конкурирующими вариантами;
2. разработка мобильных энерготехнологических криогазовых систем универсальной роботизированной резки паротурбинного оборудования энергоблоков;
3. проведение сравнительных испытаний термических технологий КСУРР с технологиями холодной резки.

Одной из целей указанных испытаний является выбор для КСУРР технологий резки, обеспечивающих минимальные объемы аэрозолей. В результате может быть обеспечено повышение экологической безопасности и экономической эффективности ВЭ названных энергоблоков АЭС.

Необходимо отметить, что несколько операционных блоков технологических систем формируемого комплекса для ВЭ энергоблоков АЭС прошли успешные опытно-демонстрационные испытания. В их числе:

- блок криоструйной очистки гранулами  $\text{CO}_2$  тепломеханического и электрооборудования на Нововоронежской АЭС в 2007 г.;
- блок кислородно-флюсовой резки пиковых котлов, выведенных из эксплуатации на ТЭЦ Мосэнерго с 2002 по 2008 гг.;
- пилотная воздухоосушительная адсорбционная установка низкого давления роторного типа на ТЭЦ Ленэнерго в 2010 г.

В МОУ «ИИФ» прошла успешные исследовательские испытания пилотная мобильная система длительного хранения гранул  $\text{CO}_2$  в 2013 г.

Целесообразность применения лазерной резки на АЭС подтверждена положительным опытом, полученным на Курской атомной электростанции в период с 1993 по 2003 гг. при участии специалистов ОАО «Концерн «Росэнергоатом» и ОАО «Русская компания «Реновация».

В заключение следует подчеркнуть, что рассмотренные выше технологии и системы дают возможность не только обеспечить экологическую безопасность, но и существенно снизить затраты на ВЭ двух- и трехконтурных энергоблоков АЭС.



**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
«ДИАПРОМ» (ЗАО «НТЦД»)**

**109518, г. Москва, ул. Газгольдерная,  
д. 14, оф. 329  
Тел.: (495) 690-91-95  
Факс: (495) 377-01-76  
E-mail: diaprom@diaprom.ru**

**Научно-технический центр «Диапром»  
основан для комплексного решения вопро-  
сов разработки, изготовления, внедрения и  
сопровождения эксплуатации систем диа-  
гностики оборудования атомных электро-  
станций.**

Основными задачами предприятия являют-  
ся разработка и изготовление программного  
обеспечения, поставка, внедрение и автор-  
ское сопровождение эксплуатации систем  
оперативной диагностики оборудования АЭС  
в России и за рубежом.

На предприятии проводятся работы по  
подготовке и аттестации персонала АЭС для  
проведения работ по шумовой диагностике,  
по сервисному обслуживанию и ремонту обо-  
рудования и технических средств систем диа-  
гностики.

К основным из выполненных ЗАО «НТЦД»  
работ относятся:

- разработка конструкторской, рабочей и эксплуатационной документации на программно-технические комплексы для системы виброшумовой диагностики, системы контроля течей теплоносителя, системы обнаружения свободных предметов, системы виброконтроля главных циркуляционных насосов, системы комплексного диагностирования;
- разработка программного обеспечения обработки сигналов систем с применением методов спектрального и многомерного статистического анализа;
- разработка высокоточной методики определения покассетных расходов тепло-



**С.Ю. Копьёв, генеральный директор**

носителя в реакторах типа ВВЭР по нейтронным шумам;

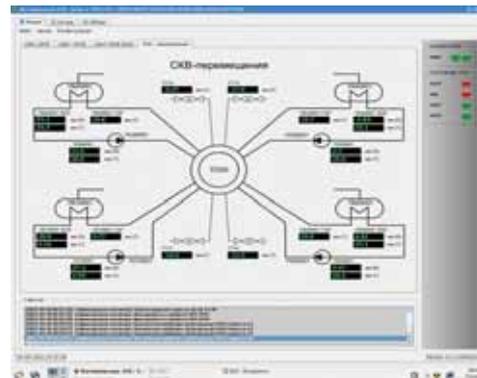
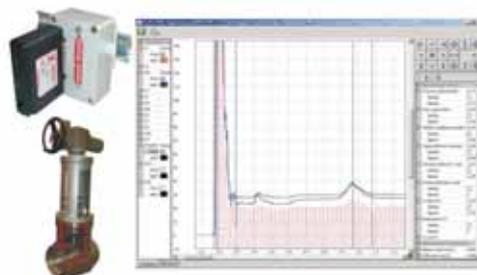
- разработка математических вибрационных моделей внутрикорпусных устройств и топливных сборок реакторов типа ВВЭР;
- ввод в действие и сопровождение эксплуатации систем диагностики зарубежного производства на действующих энергоблоках Калининской, Кольской, Нововоронежской и Балаковской АЭС;
- поставка и ввод в действие систем диагностики собственного производства на Армянской АЭС (энергоблок 2);
- поставка и ввод в действие систем диагностики собственного производства на АЭС «Тяньвань» (Китайская Народная Республика) и «Куданкулам» (Индия);
- поставка и ввод в действие систем диагностики собственного производства на Калининской АЭС (энергоблоки 3 и 4), Ростовской АЭС (энергоблоки 2 и 3), Ровенской АЭС (энергоблок 4) и Хмельницкой АЭС (энергоблок 2);
- поставка и ввод в действие систем контроля течей на Балаковской АЭС (энергоблоки 1 и 3), Ровенской АЭС (энергоблок 1);
- разработка и ввод в эксплуатацию стационарных систем диагностирования трубопроводной арматуры с электроприводом (ССДЭА), разработка малогабаритных накопителей типа НЭП-256 для задач диагностики арматуры, формирование и сопровождение баз данных АЭС по арматуре с электроприводом, проведение диагностических обследований арматуры с выдачей заключений о техническом состоянии;
- нейтронно-шумовые измерения на энергоблоках Кольской, Калининской, Нововоронежской, Балаковской АЭС;

- участие в работах по повышению эксплуатационной надежности топливных сборок для реакторов ВВЭР;
- участие в обосновании продления срока службы внутрикорпусных устройств реакторов ВВЭР первого поколения.

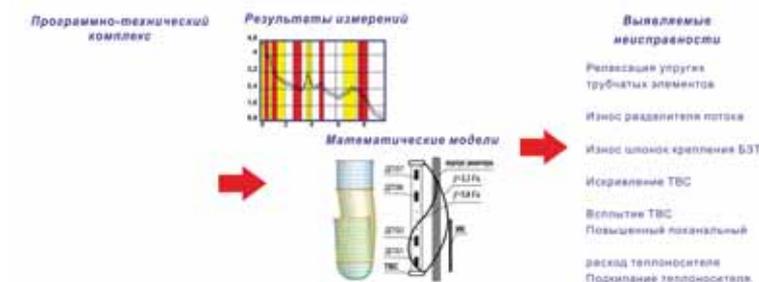
Предприятием накоплен значительный опыт работы в атомной энергетике, включая работы на площадках отечественных и зарубежных АЭС. Ведущие сотрудники имеют ученые степени.

Для комплексного решения задач эксплуатационной безопасности энергоблоков АЭС в работах предприятия участвуют ведущие эксперты организаций Росатома. На предприятии действует технический совет, основной функцией которого является координация работ с организациями отрасли. В состав совета введены ведущие специалисты ВНИИАЭС, российских АЭС.

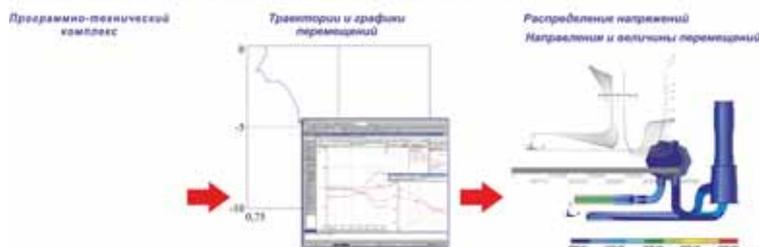
На предприятии действует система менеджмента качества, сертифицированная в соответствии с российскими нормативными документами и с учетом требований международных стандартов серии ISO 9000:2008.



**СИСТЕМА ВИБРОШУМОВОЙ ДИАГНОСТИКИ**



**СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**





**АВТОНОМНАЯ  
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-  
ВНЕДРЕНЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
«ПРОТОН»**

**Для писем: 420111, г. Казань, а/я 777**  
**Юридический адрес:**  
**420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18**  
**Офис и учебный центр: г. Казань,**  
**ул. Право-Булачная, 51**  
**(вход со двора с ул. Островского)**  
**Тел./факс: (843) 292-75-58,**  
**(843) 292-06-87.**  
**E-mail: proton@proton-kazan.ru,**  
**zar\_proton@mail.ru**

Республиканский центр индивидуального дозиметрического контроля Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации (Постановление КМ РТ от 15.04.2002 г. №205).

Региональный информационно-аналитический центр федеральной системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов на территории Республики Татарстан (Постановление КМ РТ от 19.09.2002 г. №556).

Функционирует более 20 лет и выполняет работы для организаций и предприятий в Республике Татарстан и в регионе, связанные с обеспечением радиационной безопасности.

- Разработка технологических проектов рентгеновских кабинетов.
- Индивидуальный дозиметрический контроль персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений.
- Оснащение рентгеновских излучателей дозиметрами ДРК-1 для определения индивидуальных доз пациентов, включая гарантийное и послегарантийное обслуживание, обучение персонала, монтаж, демонтаж. Все эти услуги оказываются на правах эксклюзивного представителя производителя дозиметров ДРК-1 в регионе.
- Установка специализированного программного обеспечения для инструментального учета доз пациентов и автоматического заполнения в процессе проведения рентгенологических исследований форм федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ.
- Подготовка перечней коэффициентов для определения индивидуальных доз пациентов при проведении рентгенологических процедур на рентгенаппаратах с установленными дозиметрами.
- Проведение измерений проходных доз от рентгеновских излучателей с предоставлением перечня индивидуальных доз пациентов (инструментальный контроль доз пациентов без установки дозиметра на рентгеновский аппарат).
- Консультационная помощь в подготовке форм государственной статистической отчетности №№ 1, 2, 3-ДОЗ и подготовке документов к лицензированию.
- Составление радиационно-гигиенического паспорта организации.



**Л.Д. Зарипова,**  
**генеральный директор**  
**АНО «ГНВЦ «Протон»**

- Контроль эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов в ЛПУ.
  - Проведение радиационного контроля на рабочих местах персонала, в помещении и на территории.
  - Проверка индивидуальных средств защиты пациентов и персонала на свинцовый эквивалент.
  - Поставка средств индивидуальной защиты пациентов и персонала (рентгенозащитные фартуки и т. п.)
  - Разработка контрольных уровней для рентгеновских аппаратов.
  - Проведение радиационных обследований территорий и помещений.
  - Поверка дозиметрического и радиометрического оборудования.
  - Ремонт дозиметрического и радиометрического оборудования.
  - Проведение обучения техников-дозиметристов, дозиметристов металлолома, обучение на курсах повышения квалификации руководителей и специалистов для получения разрешения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на право проведения работ с источниками ионизирующих излучений.
  - Проведение обучения по теме «Радиационная безопасность при работе с источниками ионизирующих излучений в медицине».
  - Проведение обучения по теме «Обеспечение безопасности при проектировании и изготовлении оборудования для объектов использования атомной энергии».
  - Проведение обучения по теме «Радиационная безопасность при обращении с радиационно загрязненными банкнотами»
  - Поставка дозиметрического и радиометрического оборудования.
  - Исследование проб с помощью полупроводникового и сцинтилляционного гамма-спектрометров.
  - Мессбауэровские исследования образцов в геометрии поглощения. Конверсионная мессбауэровская спектроскопия тонких пленок.
- Лицензия Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №В0-03-210-1919 действ. до 05.06.2014 г.
- Аттестат аккредитации ЛРК ГНВЦ «Протон» выдан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, гос. рег. № САРК RU.0001.441049, действ. до 15.10.2016 г.
- Аттестат аккредитации метрологической службы на право поверки средств измерений ГНВЦ «Протон» выдан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, гос. рег. №0462, действ. до 31.12.2013 г.
- Лицензия на право ведения образовательной деятельности РТ № 002049, регистрационный номер 3510, выдана 28 февраля 2012

- Разработка и продление технических паспортов рентгеновских кабинетов.
- Бесплатная подготовка отчетной формы №1-ДОЗ для организаций, осуществлявших в течение года индивидуальный дозиметрический контроль в АНО «ГНВЦ «Протон».

года министерством образования и науки Республики Татарстан бессрочно.

Лицензия на изготовление и ремонт средств измерений №005839-Р действ. до 14.01.2014 г.

Лицензия Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на проектирование средств радиационной защиты № 77.99.15.002.Л.000114.07.11 от 19.07.2011 г.



**АКИДК-201 – новый шаг  
в технологии индивидуального  
дозиметрического контроля**

АНО «ГНВЦ «Протон» предлагает сотрудничество в области индивидуального дозиметрического контроля персонала. В 2008 году ГНВЦ «Протон» приобрел новейший и единственный в Поволжье автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКИДК-201 для измерения индивидуальной эквивалентной дозы фотонного (рентгеновского) излучения. Данный комплекс предназначен для дозиметрии персонала медицинских учреждений, промышленных предприятий, а также персонала АЭС, радиохимических производств и населения, проживающего на территории с повышенным радиационным фоном. Каждый дозиметр состоит из трех независимых детекторов, которые проходят индивидуальную калибровку, что существенно повышает достоверность результатов. Пределы погрешности измерений индивидуального эквивалента дозы не более 15%.

Преимущество АКИДК-201 перед своими устаревшими аналогами в том, что данный комплекс полностью автоматизирован и находится под управлением персонального компьютера, что полностью исключает ошибки оператора, формирует базу данных с записью, хранением и обработкой данных о дозиметрах и их владельцах. По своим метрологическим характеристикам данный комплекс не уступает приборам, выпускаемым за рубежом.

«Протон» предоставляет услуги по измерению ИД с помощью комплекса АКИДК-201 для медучреждений, персонала на производстве и т. д. Данный комплекс экономит ваше время и деньги, так как измерения проводятся в присутствии вашего представителя.

Кроме того, для организаций, проходящих ИДК в АНО «ГНВЦ «Протон», оформляется форма государственной статистической отчетности ДОЗ-1 бесплатно, а также при необходимости возможна доставка и обмен дозиметров исполнителем.

Комплекс сертифицирован Госстандартом РФ (сертификат № 1807) и зарегистрирован в Государственном реестре средств измерения под № 14902. Комплекс сертифицирован в системе ОИТ.

## Система аварийной подачи воды при полном обесточивании на АЭС



### ООО «НАМИ-Т»

**105523, РФ, Москва,  
Щелковское шоссе, 100  
Тел./факс: +7 (495) 646-87-55  
E-mail: info@nami-t.ru  
www.nami-t.ru**

Компания «НАМИ-Т» осуществляет комплексное обеспечение предприятий Госкорпорации «Росатом» высокотехнологичным промышленным оборудованием.

Особым предметом гордости компании является активное участие в реализации программы мероприятий ОАО «Концерн Росэнергоатом» по снижению последствий за проектных аварий на АЭС, принятой после событий на АЭС Фукусима.

Нашей компанией в 2012 году, в срок и на высоком технологическом уровне, осуществлена поставка автономных передвижных насосных установок для аварийной подачи воды на Смоленскую АЭС, ПНУ-150/90 и ПНУ-100/20, производительностью 150 м<sup>3</sup>/час и напором 90 кгс/см<sup>2</sup>, производительностью 100 м<sup>3</sup>/час и напором 20 кгс/см<sup>2</sup>, соответственно.

Разработанные и поставленные нашей компанией ПНУ отличаются от других установок: меньшим весом и габаритами, наличием систем обогрева, вентиляции, автономным поддержанием режима готовности и, как следствие, время выдвигения и запуска наших ПНУ не превышает 30 минут.

Но наличия одних ПНУ недостаточно. Для решения задач ликвидации последствий за проектных аварий на АЭС потребуются в течение 1-2 часов развернуть на плотно застроенной территории АЭС дополнительное оборудование: – трубопроводы высокой производительности с регулирующей и запорной арматурой, предвключенные насосы высокой производительности и напора (для забора и подачи к потребителю больших объемов воды из необорудованных источников с большим перепадом высоты).

Мы предлагаем уникальное оборудование и технологию для решения этой задачи.

1. Гибкие, плосковорачиваемые синтетические рукава больших диаметров (300 и 400 мм) в комплекте с быстроразъемными соединениями: материал – синтетические волокна с высокопрочным текстильным каркасом, рабочее давление – высокое, перекрывающее потребности АЭС, гарантированное применение при любых температурных условиях, длина секций рукавов определяется пожеланиями заказчика.

2. Системы быстрого развертывания рукавов: размещение на транспортных средствах, вместимость до 1200 м плоскосвернутого рукава, скорость разворачивания рукавов на местности 10 км/час. В качестве буксиров может использоваться любая транспортная техника, имеющаяся на АЭС.

3. Специальные автономные насосные установки: исполнение – всепогодный контейнер типа «Север», привод напорного насоса – дизельный двигатель, запас топлива на необходимый период работы (24 часа). Насосная установка обладает необходимой



**Плосковорачиваемый рукав Ø300 мм с быстроразъемным соединением / A lay-flat hose 300 mm with fast-acting couplings**



**Система быстрого развертывания плосковорачиваемых рукавов / Hose fast deployment system**



**Автономная насосная установка, производительность 1200 м<sup>3</sup>/час, напор 10 кгс/см<sup>2</sup> / A standalone pumping facility with discharge of 1,200 м<sup>3</sup>/h and head flow of 10 kgf/cm<sup>2</sup>**

производительностью (до 1200 м<sup>3</sup>/час) и напором (до 12 кгс/см<sup>2</sup>), а также кавитационным запасом (до 15 м), при заборе воды из необорудованных источников, чтобы запитать всех возможных потребителей воды на АЭС при ликвидации последствий за проектных аварий. Размещается установка на транспортном средстве повышенной проходимости. Подача воды осуществляется на расстояние до 5000 м при использовании плосковорачиваемого рукава большого диаметра (300 мм).

Таким образом, мы предлагаем систему оборудования (в комплекте с запорной и регулирующей арматурой), не имеющую аналогов на российском рынке.

Оборудование имеет сертификаты соответствия, разрешение на применение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Наша компания плодотворно сотрудничает с профильными проектными институтами, большую помощь в согласовании и привязке необходимой схемы и перечня дополнительного оборудования для аварийной подачи в условиях полного обесточивания на АЭС оказывает ОАО «Нижегородская инжиниринговая компания «Атомэнергопроект» (НИАЭП) в лице руководства и сотрудников БКП №1.

**Контактная информация:  
Руководитель проекта, инженер  
Вячеслав Михайлович Федотов  
Тел.: +7 (495) 646-87-55,  
E-mail: fedotov@nami-t.ru**

## Emergency water supply system used under NPP blackout conditions

### NAMI-T LLC

**100, Shchelkovskoe shosse, Moscow,  
105523, Russia  
Phone/Fax: +7(495) 646-87-55  
E-mail: info@nami-t.ru  
www.nami-t.ru**

#### NAMI-T supplies hi-tech equipment to enterprises of Rosatom.

It is proud to participate in the program of diminishing the consequences of off-design accidents at NPPs launched by Rosenergoatom after Fukushima NPP accident.

In 2012 the company delivered the following portable pump units (PPU) to Smolenskaya NPP: PNU-150/90 (ПНУ-150/90) with discharge of 150 m<sup>3</sup>/h and head flow of 90 kgf/cm<sup>2</sup> and PNU-100/20 (ПНУ-100/20) with discharge of 100 m<sup>3</sup>/h and head flow of 20 kgf/cm<sup>2</sup>.

PPUs produced by the company are distinct from other units by smaller weight and dimensions as well as by the availability of a heating system, ventilation and a standby support system. As a result, the deployment and actuation time does not exceed 30 min.

But availability of PPU is not sufficient. For the post-accident clean-up, auxiliary equipment must be deployed on the compactly planned NPP premises within 1-2 hours. It includes high capacity pipelines with control and stop valves, booster pumps of high discharge capacity and head flow (for water intake and supply from undeveloped water sources with large altitude difference).

The company offers unique equipment and technology required to solve the task.

1. Flexible lay-flat synthetic hoses of large diameter (300 and 400 mm) complete with quick-acting couplings. Material: synthetic fibre with high-strength textile base. Working pressure is high and discharge exceeds NPP needs. The hoses can be used under any temperature conditions, the hose section length can vary at the customer's option.

2. Hose fast deployment systems. The systems can be installed on vehicles with holding capacity of 1,200 m of lay-flat hose, the speed of hose deployment on ground is 10 km/h. Any transport vehicle available at the NPP can be used as a tow truck.

3. Special portable pump facilities. An all-weather Sever-type container is used as a version, a diesel engine serves as a force pump drive; the unit has a fuel load sufficient for the whole operation period (24 hours). The pump facility has the required discharge capacity (1,200 m<sup>3</sup>/h) and head flow (12 kgf/cm<sup>2</sup>) as well as the positive suction head (15 m) for water intake from undeveloped sources, which is quite sufficient for the supply of water to all consumers while eliminating the damage caused by off-design accidents. The unit is installed on a cross-country capacity vehicle. The water is supplied to the distance of 5,000 km when a lay-flat hose of large diameter (300 mm) is used.

Thus, the company offers equipment (complete with stop and control valves) that cannot be equaled to any other pumping equipment in the Russian market.

The equipment quality is confirmed by conformance certificates and permits issued by the Federal Service for Ecological, Technical and Nuclear Supervision.

The company has established mutually beneficial cooperation with design institutes.

NIAEP management and specialists of its Package Technology and Design Office (БКП № 1) have helped greatly in specifying the scheme and list of auxiliary equipment for water supply under NPP blackout conditions.

**Contact details:  
Vyacheslav Fedotov,  
Project Manager, Engineer  
Phone: +7 (495) 646-87-55  
E-mail: fedotov@nami-t.ru**



Компания ЗАО "АМТ ИНЖИНИРИНГ" является одним из лидеров в области оказания технического, информационного и финансового содействия предприятиям и организациям в проектировании, финансировании, продвижении, комплектации сложного высокотехнологичного оборудования, в том числе на основе международной кооперации.

Одним из основных заказчиков ЗАО "АМТ ИНЖИНИРИНГ" является компания ООО «ПРОМЭНЕРГОКОМПЛЕКТ». ЗАО «АМТ ИНЖИНИРИНГ» проводит проектные работы для системы преднапряжения защитной оболочки реакторного отделения и резервных дизельных электростанций (РДЭС). Компания также выполняет проектные работы в области электротехнического, насосного и тепломеханического оборудования для 2-го, 3-го и 4-го энергоблоков Ростовской АЭС, 4-го энергоблока Калининской АЭС, Смоленской АЭС, 1-го и 2-го энергоблоков Балтийской АЭС, Южноуральской ГРЭС, ФГУП ПО «МАЯК», различных ТЭЦ.

Особенность ЗАО "АМТ ИНЖИНИРИНГ" - инновационная составляющая проектов. Это позволяет выполнять работы на современном уровне и с высокой степенью эффективности. Компания располагает самым современным оборудованием, программным обеспечением и передовыми технологиями. Нарботанные связи с поставщиками позволяют разрабатывать проекты на различные виды техники и оборудования в кратчайшие сроки с оптимальным соотношением цена-качество.



#### Основные виды работ, выполняемые ЗАО "АМТ ИНЖИНИРИНГ":

- инженерный консалтинг;
- энергетический и экологический аудит;
- проектирование и подготовка проектных спецификаций;
- экспертиза проектной документации с учетом эффективности проекта и сроков окупаемости;
- оценка технико-экономической эффективности различных методов организации строительства/модернизации;
- подготовка требований по выбору и закупка основного и вспомогательного оборудования;
- техническое сопровождение заказчика при проведении согласований (экспертиза проектной документации с надзорными органами);
- технический надзор за ходом строительства/модернизации.

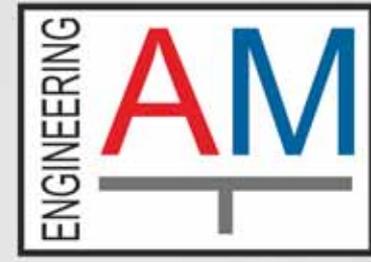
Отдельное место в деятельности компании занимает международное сотрудничество. Всего в процессе проектирования нами задействовано более 50 иностранных компаний. ЗАО "АМТ ИНЖИНИРИНГ" выполняет инженерное, правовое и финансовое консультирование зарубежных партнеров, разрабатывает и адаптирует технические условия на продукцию, отвечает за логистику и сервисное обслуживание оборудования.

Опыт проектных работ РДЭС для Калининской и Ростовской АЭС позволяет нам с уверенностью предлагать высокоэффективные решения по организации комплексного автономного энергоснабжения различных объектов промышленности. Основным приоритетом компании является оказание помощи Заказчику в решении любых инженеринговых задач на энергетическом объекте: от проведения энергетических обследований и выдачи рекомендаций по улучшению работы станции до выполнения комплексного проекта нового строительства, реконструкции или модернизации объекта.

Мы постоянно совершенствуем и оттачиваем профессионализм, идем в ногу с научно-техническим прогрессом. Ваша уверенность в выбранных технологиях и решениях – наша профессия. Мы открыты к сотрудничеству в реализации проектов и заказов любой сложности.

*Генеральный директор Харитонов П.А.*

**ЗАО «АМТ ИНЖИНИРИНГ»**  
Россия, 121069, Москва, ул. Малая Никитская, д.10а  
Тел./факс: +7 (499) 558-02-04  
E-mail: [amtinmsk@gmail.com](mailto:amtinmsk@gmail.com)



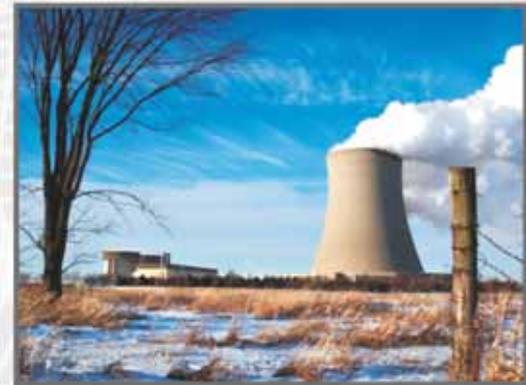
"AMT Engineering" CJSC company is one of the leaders in providing technical, informational and financial assistance to enterprises and organizations in the development, design, financing, promotion and completing of complex high-tech equipment, both on domestic grounds and through international cooperation.

One of the main customers of "AMT Engineering" CJSC services is "PROMENERGOKOMPLEKT" LLC company. Nowadays "AMT Engineering", CJSC carries out designing works for reactor compartment prestressing system and emergency diesel generators. The company is also responsible for designing of electrical, pumping, thermal and mechanical equipment for the 2nd, 3rd and 4th power units of Rostovskaya NPP, the 4th power unit of Kalininskaya NPP, Smolenskaya NPP, the 1st and 2nd power units of Baltiyskaya NPP, Yuzhnouralskaya GRES, FSUE PA "Mayak" and various thermal power plants.

One of "AMT Engineering" CJSC features is an innovative component of its projects. This allows the company to stay up to date and work with a high degree of efficiency. The company has advanced equipment, software and technologies. Long-standing relationship with suppliers allow us to design various types of machines and equipment as soon as possible with optimum price-performance ratio.

### The main types of work performed by "AMT Engineering" CJSC are the following:

- Engineering consulting;
- Energy and environmental audits;
- Designing and preparing project specifications
- Assessment of project documents in a project, project performance and timing of return;
- Techno-economic evaluation of the effectiveness of various methods for the construction/renovation;
- Preparation of the requirements for selecting and purchasing of main and auxiliary equipment;
- Customer Technical support during operations of establishing compliance (examination of project documentation by reviewing authorities);
- Technical supervision of the construction/renovation.



International cooperation plays a key role in the company's activities. More than 50 foreign companies are taking part in designing works provided by us. "AMT engineering" CJSC is providing an engineering, legal and financial advice to overseas partners, developing and adapting specifications for products, it is also responsible for logistics and maintenance equipment.

Experience in designing of emergency diesel generators stations for Kalininskaya NPP and Rostovskaya NPP enables us to confidently offer high-performance solutions for comprehensive grid industry facilities. Company's main priority is to assist the customer in any engineering challenges at the energy facility: from energy surveys and issuing recommendations for improving the work of the station to implementation of integrated project of new construction, reconstruction or modernization.

We constantly improve and hone skills, keep in step with technological advances.

Your confidence in selected technologies and solutions is our profession. We are open to cooperation in projects and orders of any complexity.

*General director Haritonov P.A.*

**"AMT Engineering" CJSC**  
Russia, 121069, Moscow, Malaya Nikitskaya str, 10a  
Tel./fax: +7 (499) 558-02-04  
E-mail: [amtinmsk@gmail.com](mailto:amtinmsk@gmail.com)



## ФГУП «РАДОН»

**119121, Москва,  
7-й Ростовский пер., 2/14  
Тел.: +7 (499) 248-19-11  
Факс: +7 (499) 248-19-41  
E-mail: sia-radon@radon.ru  
www.radon.ru**

**Федеральное государственное унитарное предприятие «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (ФГУП «РАДОН»)**  
Предприятие обеспечивает радиационную безопасность города Москвы и Московской



**Директор Центра технологии приема, транспортирования РАО и радиационно-аварийных работ, кандидат химических наук С.А. Калиновский у Автоматизированной системы контроля радиационной обстановки**



**П.П. Невейкин, генеральный директор ФГУП «РАДОН», кандидат экономических наук**

выполняет весь спектр работ по обращению с радиоактивными отходами низкой и средней активности.

Предприятие сотрудничает с международными организациями, в частности, с МАГАТЭ. В рамках координационных технических программ сотрудники привлекаются в качестве экспертов при подготовке рекомендаций для членов-участников этой организации. Деловые партнеры ФГУП «РАДОН» – крупные фирмы США, Германии, Франции, Бельгии, Болгарии и ряда стран СНГ.

области, а также удаление радиоактивных отходов (РАО) с территории Центрального региона Российской Федерации.

ФГУП «РАДОН» проводит радиоэкологический мониторинг и дезактивацию участков радиоактивного загрязнения территорий, а также

Сегодня ФГУП «РАДОН» представляет собой уникальный, совершенный и соответствующий международным стандартам единый научно-технологический комплекс, который проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке и внедрению новых прогрессивных методов, технологий, комплексов специализированных установок и оборудования для проведения работ по обращению с РАО, предотвращает ухудшение качества окружающей среды путем сокращения удельного количества загрязняющих веществ в сбросах и выбросах, снижения образования отходов, сбережения энергии и материальных ресурсов, совершенствует системы менеджмента качества и экологического менеджмента с учетом особенностей предприятия, а также требований и рекомендаций международных стандартов ИСО серий 9000 и 14000.



**Продукция ФГУП «РАДОН»: защитный металлический контейнер**



## 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.



<b>Предприятие</b>	<b>Город</b>	<b>Стр.</b>
АМТ-Инжиниринг, ЗАО	Москва	80
ВНИПИЭТ Головной институт, ОАО	Санкт-Петербург	48
Воткинский завод, ОАО	Воткинск, Удмуртская респ.	54
ВСМПО-АВИСМА Корпорация	Верхняя Салда	50
Газпромкомплект, ООО	Волгодонск Ростовской области	60
ГЕА Машинпэкс, ООО	Москва	55
ГидроПромСтрой, ООО	Москва	2-я обложка
Диапром НТЦ, ЗАО	Москва	77
Институт инженерной физики РФ, МОУ	Серпухов Московской области	76
НАМИ-Т, ООО	Москва	79
НИИИС им. Ю.Е. Седакова ФНПЦ, ФГУП	Нижний Новгород	66
ОРГСТРОЙПРОЕКТ, ЗАО	Москва	82
Приводы АУМА, ООО	Москва	56
Промэнергопроект, ООО	Нижний Новгород	58
Протон ГНВЦ, АНО	Казань	78
РАДОН, ФГУП	Москва	82
РФЯЦ-ВНИИЭФ, ФГУП	Саров Нижегородской области	62
СВЕЙ, ООО	Екатеринбург	72
СКБ СПА	Чебоксары	70
Технаб КБ, ООО	Обнинск-4, Калужская обл.	71
ЦеСИС НИКИРЭТ, ЗАО	Пенза	74
Эм-Эс-Си Софтвэр Рус, ООО	Москва	69
ЭСКМ Корпорация АК, ООО	Краснодар	57

<b>Undertaking</b>	<b>City</b>	<b>Page</b>
ATM-Engineering, CJSC	Moscow	81
ESKM Corporation, LLC	Krasnodar	57
NAMI-T LLC	Moscow	79
NIIS named after Y. Sedakov, FRPC	Nizhny Novgorod	68
ORGSTROYPROEKT, CJSC	Moscow	82
Promenergoproekt, LLC	Nizhny Novgorod	59
RFNC-RCRIEF	Sarov, Nizhny Novgorod region	65
VSMPO-AVISMA Corporation	Verkhnyaya Salda	51

**Уважаемые читатели – руководители и специалисты предприятий атомной отрасли!**

Журнал «Атомный проект» – это надежное связующее звено между специалистами крупнейшей в стране инжиниринговой 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 инжиниринговой компании «Атомэнергопроект», его получают инжиниринговые 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 участвуем в важнейших отраслевых форумах, семинарах и конференциях, которые проходят в нашей стране и за рубежом.

Следующий выпуск журнала выйдет в свет 10 октября 2013 г. и будет представлен на следующих крупнейших конгрессно-выставочных отраслевых мероприятиях:

- Международная выставка и конференция по инновациям в энергетике «НьюДжен 2013» (октябрь, Москва, Россия)
- VII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2013» (октябрь, Москва, Россия)
- Ядерный форум «Нью Билд 2013» (ноябрь, Лондон, Великобритания)
- Форум поставщиков атомной отрасли «АТОМЕКС» (декабрь, Москва, Россия).

Если вы хотите уверенно чувствовать себя на рынке поставщиков атомной отрасли – размещайте информацию о своей продукции и услугах на страницах журнала «Атомный проект».

Если вы хотите уверенно чувствовать себя на рынке поставщиков атомной отрасли – размещайте 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 October, 10, 2013 and will be presented at the largest congresses and exhibitions:

- «NewGen 2013», International forum & a specialized exhibition on innovations in energy (October, Moscow, Russia)
- VII International Conference and Exhibition «AtomEco 2013» (October, Moscow, Russia)
- Nuclear New Build Forum (November, London, Great Britain)
- International Forum of Nuclear Industry Suppliers «ATOMEX 2013» (December, Moscow, 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!

ХІ МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# ЭНЕРГЕТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2013

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ • ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ • АСУ ТП, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ДИАГНОСТИКА  
КАБЕЛЬ. АРМАТУРА. ПРОВОДА • СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ



ХІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
УКРАИНЫ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ



**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

Министерство энергетики  
и угольной промышленности Украины  
Международный выставочный центр

Официальное издание форума: 

Технический партнер: *RentMedia*

Международный выставочный центр  
Украина, 02660, Киев, Броварской пр-т, 15  
М "Левобережная"  
тел./факс: (044) 201-11-57  
e-mail: [nsilova@iec-expo.com.ua](mailto:nsilova@iec-expo.com.ua)  
[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua), [www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

**24-26**  
**сентября**