

# Атомные станции нового поколения

## Next Generation Nuclear Power Plants



Материал предоставлен госкорпорацией РОСАТОМ  
исключительно для журнала PowerTec Russia

Provided exclusively to PowerTec Russia Magazine by RosAtom

*В эксклюзивном материале, предоставленном ГК Росатом для журнала PowerTec, рассматривается развитие атомных электростанций "следующего поколения" и то, как новые реакторы повысят безопасность, надежность и производительность атомных электростанций.*

Укрепление позиций ядерной энергетики и объективное увеличение доли электроэнергии вырабатываемой на АЭС, в общем балансе производства электроэнергии закреплено в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года и одобрено распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.02.2008 года № 215.

Решение о развитии атомной энергетики в России было принято на государственном уровне - в 2006 году Президентом России была поставлена задача по увеличению объема производства электроэнергии на АЭС в энергобалансе России до 25% к 2030 году. С целью реализации этой задачи были приняты документы, обеспечивающие бюджетное финансирование строительства АЭС, в частности - Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007 – 2010 годы и на перспективу до 2015 года» (ФЦП). В период реализации ФЦП под эгидой Минэнерго России была разработана Генеральная

*Exclusively for PowerTec Russian Magazine, Rosatom look at the development of their "next generation" nuclear power plants, and how the new reactors will increase safety, reliability and power output.*

Provisions for the consolidation of the nuclear power industry in Russia and the expansion of the share of electric power produced by nuclear generation have been set out in "The Master Plan for Electric Energy Facilities thru 2020" endorsed by the Government of Russian Federation, Ordinance No. 215 of 2/22/08.

The decision on the development of the nuclear power sector in Russia was made at national level — in 2006 the President of Russia set an objective to increase the electricity generation by nuclear power to 25% of the total by 2030. In order to meet this objective, a number of documents on providing financing for nuclear power plant construction have been adopted, including a Federal Target Program (FTP) entitled "Deployment of Russian Nuclear Power and Industry Complex between 2007 - 2010 and 2010 to 2015", all this within the framework of the FTP, under the sponsorship of The Master Plan. In accordance with this, the Long-term Action Program for Rosatom" for 2009-2015 endorsed by the Government has been developed.

схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 22.02.2008. В соответствии с Генеральной схемой была принята Программа деятельности Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" на долгосрочный период (2009 - 2015 годы), утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации (от 20.09.2008).

Каждые три года проводится корректировка Генеральной схемы развития электроэнергетики. Факторами корректировки являются: уточнение Минэнерго прогноза энергопотребления в конкретном регионе, сокращение утвержденных инвестпрограмм (в данном случае Росатома и ФСК), отдельные решения руководства страны (например, решение о строительстве Балтийской АЭС в Калининградской области, которой не было в первоначальной ФЦП). В начале 2011 года Правительство РФ планирует утвердить обновленную Генсхему с учетом текущих потребностей в энергопотреблении и расчетов его роста.

В настоящее время в стадии строительства в России находятся 10 энергоблоков:

- » Энергоблок № 4 (ВВЭР-1000) Калининской АЭС (Тверская обл.) Физический пуск – 2011 год, ввод в эксплуатацию - 2012 год.
- » Энергоблоки № 1 и 2 (ВВЭР-1200) Нововоронежской АЭС-2, которая в будущем заменит действующую Нововоронежскую АЭС (Воронежская обл.). План ввода в эксплуатацию – 2013 и 2015 год соответственно.
- » Энергоблоки № 1 и 2 (ВВЭР-1200) Ленинградской АЭС-2, в планах – начало строительства 3 и 4 энергоблоков. План ввода в эксплуатацию – 2014, 2016, 2019 и 2020 годы соответственно.
- » Энергоблок на быстрых нейтронах БН-800 Белоярской АЭС-2 (Свердловская обл.). План ввода в эксплуатацию – 2014 год.
- » Энергоблоки № 3 и 4 (ВВЭР-1000) Ростовской АЭС. План ввода в эксплуатацию в 2014 и в 2017 году соответственно.
- » Два энергоблока блока ВВЭР-1200 Балтийской АЭС (Калининградская обл.). Строительство начато в 2010 году, ввод в эксплуатацию первого энергоблока – 2016 год, второго энергоблока – 2018 год.

### Что такое АЭС нового поколения?

АЭС нового поколения в первую очередь это - реакторы нового поколения, обеспечивающие качественный шаг вперед на уровне безопасности.

The Master Plan is modified once every three years. The modifications include: Updates of regional energy consumption forecasts made by the Ministry of Energy, curtailments of approved investment programs (those of Rosatom and FGC, in this case) and certain decisions of the government (for instance, the decision to build Baltic Nuclear Power Plant in Kaliningrad Oblast, which had not been envisaged in the original FTP). At the beginning of 2011 the RF government is planning to accept a modified Master Plan, taking both current and future demand for energy into account.

Today in Russia, the following 10 power units are being built:

- » Power unit No. 4 (WWER-1000) of Kalinin NPP (Tver Oblast) First criticality reached in 2011, to be entered into service in 2012.
- » Power units No. 1 and 2 (WWER-1200) of the Novovoronezh NPP II, which is to replace the existing Novovoronezh NPP (Voronezh Oblast). Scheduled commissioning is 2013 and 2015 respectively.
- » Power units No. 1 and 2 (WWER-1200) of the Leningrad NPP-2; 3rd and 4th power units are also planned for construction. Scheduled commissioning is 2014, 2016, 2019 and 2020 respectively.
- » Fast reactor BN-800 at the Beloyarsk NPP-2 (Sverdlovsk Oblast). Scheduled commissioning for 2014.
- » Power units No. 3 and 4 (WWER-1000) of Rostov NPP. Scheduled commissioning — 2014 and 2017 respectively.
- » Two power units WWER-1200 of Baltic NPP (Kaliningrad Oblast). Construction began in 2010; the first unit is to be put into operation in 2016, the second in 2018.

### What are new generation NPP's?

First of all, the new generation NPP is a new type of reactor representing a qualitative breakthrough, mainly in terms of safety.

During the development stage, special attention is paid to the energy efficiency of the reactors, which ensures a reduction in capital expenditure, construction time, and operational costs, while offering increased reliability.

In order to be able to meet the requirements of local and international customers today, Russia is developing nuclear reactors with different capacities — from tens to 1500-1800MW (of electric power).

6 to 200 or 300MW units may be used in isolated grids.

В то же время при разработке проектов решаются задачи эргономики конструкций атомных энергоблоков с целью минимизации капитальных вложений, сроков строительства и эксплуатационных издержек при одновременном повышении надежности.

Для удовлетворения требований потребителей в России и заказчиков в других странах сегодня в России разрабатываются проекты энергоблоков АЭС различной мощности, начиная от десятков МВт и до 1500-1800 МВт (эл).

Блоки с реакторами мощностью от шести до двух-трех сотен МВт могут использоваться в изолированных системах энергоснабжения. Для условий России это населенные пункты и отдельные предприятия с энергоемкими производствами в районах крайнего Севера и Дальнего Востока, не имеющие связей с региональными энергосистемами.

Блоки мощностью 300-600 МВт представляют интерес для регионального энергоснабжения в России, и для зарубежных потребителей с относительно небольшими по установленной мощности энергосистемами, не имеющими развитых межсистемных связей с мощными линиями электропередачи.

Блоки мощностью 1000 МВт (эл.) и более должны использоваться как для покрытия базовых нагрузок в энергосистеме так и для регулирования мощности и частоты, в случае необходимости.

При разработке проектов новых энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР используются подходы и решения, повышающие их надежность и безопасность, в числе которых - применение систем безопасности пассивного принципа действия, срабатывающих без подачи внешней энергии и позволяющих в аварийных ситуациях длительно (не менее 24 часов) расхолаживать реакторную установку без вмешательства оператора; проектирование систем нормальной эксплуатации с учетом возможности их использования как активных систем безопасности, в случае необходимости; применение двойных защитных оболочек: внутренней герметичной, выполняющей функцию локализации, и наружной, способной противостоять внешним воздействиям (падение самолета, взрывы, другие внешние воздействия); введение в проект систем для управления запроектными авариями (детерминистски полагается возможность такой аварии) и разработка решений, обеспечивающих удержание расплава в корпусе реактора, либо в специальной ловушке, размещаемой под корпусом реактора; оптимизация числа пассивных и активных каналов систем безопасности и их мощности.

Одновременно с повышением безопасности принимаются меры по уменьшению затрат на сооружение и эксплуатацию АЭС за счет снижения

In Russia, these are used to power remote population centres and individual energy-intensive industrial facilities in the Far North and Far East that are not connected to regional power grids.



300-600MW units may be of interest to Russian regional transmission operators, as well as for overseas customers having transmission grids of low installed capacity with no interlinks to major power systems.

Units with a capacity of over 1000MW of electric power should be used both to cover base loads and to control power and frequency in the transmission system, if necessary.

The design of new NPP's with WWER type reactors employs approaches and solutions that enhance their reliability and safety, including passive safety systems activated without external power supply and enabling at least 24 hours of reactor cooling in case of emergency without operator intervention; normal

# ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОМ И ДАВЛЕНИЕМ

See us at

Russia Power 2011 in Moscow, Booth D35  
and POWER-GEN in Milano, Booth 5D10

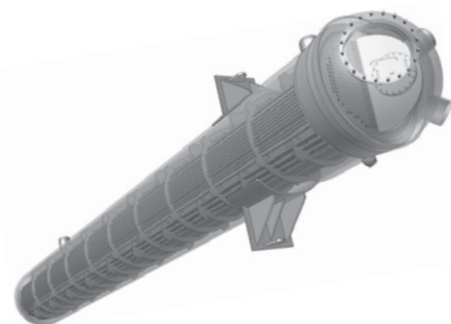
До встречи на выставке

Russia Power 2011 в Москве, стенд D35  
и POWER-GEN в Милано, стенд 5D10

HögforsSahala — технологическая компания, специализирующаяся на проектировании и производстве теплообменников, а также сосудов, работающих под давлением. Атомные электростанции, электростанции, работающие на природном топливе и биотопливе, всегда были одними из наших ключевых клиентов на протяжении более 50 лет. И это свидетельствует о том, что наша продукция используется для оборудования с высокими техническими требованиями, такого как:

- нагреватели питающей воды высокого и низкого давления,
- конденсаторы,
- районные водонагреватели,
- баки питающей воды,
- паровые аккумуляторы.

Значительный опыт HögforsSahala, знание производственных процессов и требований к материалам, а также постоянное улучшение качества продукции и методов ее производства, служат гарантией того, что наше индивидуально спроектированное оборудование будет работать надежно и эффективно.



 **HÖGFORS**

расхода бетона, металла, арматуры, насосов, кабеля благодаря применению пассивных систем; оптимизации компоновки помещений, зданий и сооружений, решений по генеральному плану; увеличения срока службы основного и оптимизации срока службы вспомогательного оборудования; повышения глубины выгорания топлива при заданном обогащении; внедрения решений, повышающих термодинамический КПД блока; уменьшения количества поступающих на переработку радиоактивных отходов, внедрения современных технологий их переработки и хранения; повышения пожарной безопасности за счет применения воды в качестве среды для смазки и охлаждения оборудования; внедрения современных систем управления технологическими процессами и уменьшения численности персонала электростанции; внедрения автоматизированных систем управления ресурсом и ремонтом оборудования.

Перечисленные выше подходы реализуются при проектировании АЭС нового поколения вне зависимости от их уровня мощности.

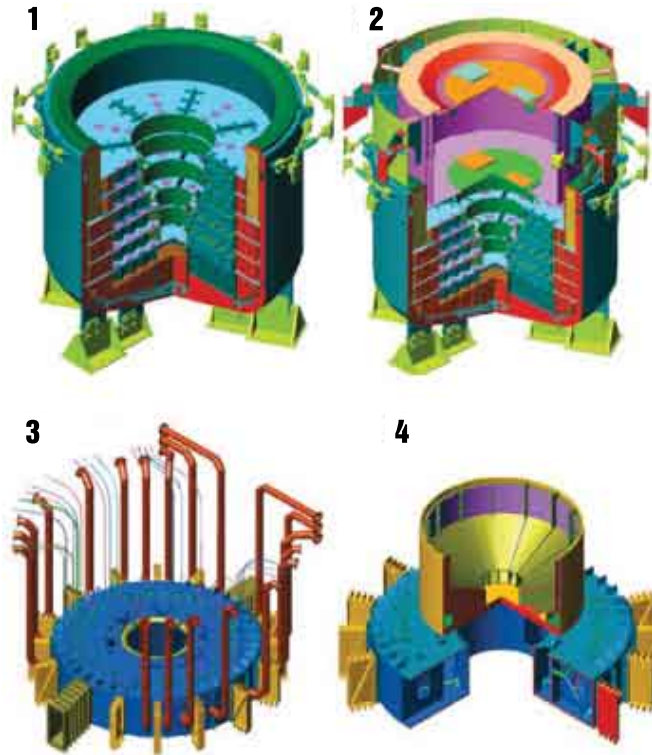
В современных проектах реализуются как традиционные системы безопасности, так и специальные пассивные системы, предназначенные для ликвидации последствий и управления запроектными авариями, в их числе - система локализации расплава.

Эта система представляет собой контейнер, заполняемый специальным жертвенным материалом, который устанавливается под активной зоной реактора. Система позволяет нивелировать в случае возможной тяжелой аварии опасное воздействие расплавленного топлива и не дает ему возможности выйти за пределы корпуса «ловушки» и попасть в окружающую среду. Этот своего рода капкан — последняя гарантия безопасности станции для окружающей среды в случае, если все многочисленные системы безопасности вдруг не работают.

Установка «ловушки» была опробована на самой

operation systems functioning, if necessary, as active safety systems; dual containment vessels consisting of internally sealed confinement responsible for isolation and the external containment, functioning as a protection against external impact (aircraft crash, explosion, etc.); systems to tackle beyond-design-basis accidents (the possibility of which must be accounted for) and solutions to seal the melted core within the reactor vessel or in a special trap located under the vessel in the event of a catastrophe.

Apart from safety considerations, measures are taken to increase the cost-effectiveness of NPP construction and operation through a reduction in the use of concrete, metal, reinforcement, pumps and cables resulting from the use of passive safety systems; optimized key plans and layouts of buildings and structures; extended main equipment service life and optimized auxiliary equipment service life; enhanced nuclear fuel use economy at a given enrichment level; solutions increasing the thermodynamic stability of the unit; reduced amount of radioactive waste and application of the most advanced technologies for its storage and treatment; increased fire safety by using water as a cooling and lubricating agent; new control systems allowing to reduce the number of power plant personnel; automated service life monitoring and maintenance management systems.



1. Корпус и наполнитель в сборе.  
1. Catcher vessel with installed SM cassette.
2. Корпус, наполнитель и площадка обслуживания в сборе (ЛНПП-2).  
2. Catcher vessel with installed SM cassette & maintenance platform (LNPP-2).
3. Ферма-консоль в сборе с закладными в бетонной шахте.  
3. Cantilever truss with inserts embedded in the concrete vault.
4. Нижняя плита и ферма-консоль в сборе.  
4. Lower plate and cantilever truss assembled.

The above principles apply to all new generation NNPs, regardless of their capacity.

Today's NPP projects feature both conventional safety measures and special passive systems for BDBA management, including a core melt retention system.

The system includes a container with a special sacrificial material (SM) installed under the reactor core. In case of a major accident, the system alleviates the hazardous

современной в мире Тяньваньской АЭС в Китае, а теперь устанавливается и на строительстве Ленинградской АЭС-2 и Нововоронежской АЭС-2.

### Проект АЭС-2006

Масштабная программа сооружения атомных электростанций определила необходимость разработки в сжатые сроки проекта атомной станции с технико-экономическими показателями, превышающими достигнутые в ранее реализованных проектах с установками ВВЭР. Проект получил название «Проект АЭС-2006».

Для начала работ по проекту АЭС-2006 Росатомом было создано несколько рабочих групп, в том числе группа разработки технических заданий (ТЗ) на технический проект реакторной установки и проект АЭС-2006. В рабочую группу входили ведущие специалисты Росатома, ОКБ «Гидропресс», ОКБМ, РИЦ «Курчатовский институт», концерна «Росэнергоатом», ЗАО «Атомстройэкспорт», трех институтов «Атомэнергопроект», ВНИИАЭС, ряда других организаций и предприятий. Перед данной группой была поставлена задача: проанализировать и обобщить решения и опыт, накопленные при разработке проектов АЭС У-87, АЭС-91, АЭС-92, У-87/92, АЭС «Куданкулам», АЭС «Тяньвань» и включить наиболее оптимальные из них в технические задания на реакторную установку и АЭС-2006 с целью достижения современных показателей безопасности и надежности при минимальных капитальных вложениях на сооружение станции.

По утвержденному техническому заданию на АЭС-2006 разработаны проекты двух атомных электростанций: Нововоронежской АЭС-2 – Генеральный проектировщик ОАО «Атомэнергопроект» г.Москва и Ленинградской АЭС-2 – Генеральный проектировщик ОАО «Атомэнергопроект» г.Санкт-Петербург. Проекты отвечают следующим параметрам: тепловая мощность реактора – 3200МВт, проектный срок службы основного оборудования РУ – 60 лет, электрическая мощность энергоблока – не менее 1150МВт, с возможностью ее форсирования в дальнейшем до 1200МВт, коэффициент технического использования, усредненный за весь срок службы АЭС – 92%, максимальное выгорание топлива по ТВС – до 70 МВт сут/кгU, длительность межперегрузочного периода – до 24 месяцев, допустимое время восстановления основных систем безопасности – не менее 72-х часов.

При единстве целевых показателей, определенных техническим заданием на проект АЭС-2006, проектные решения, принимаемые одним и другим генеральным проектировщиком, несколько отличаются, что обусловлено традициями и опытом каждого из институтов. Конкурентный подход при разработке проектов позволит в дальнейшем принять оптимальное решение при развороте серийного строительства АЭС.

effect of the core melt by preventing it from getting out of the “catcher” and entering the environment. This trap represents the last protection to the environment in case of the failure of all other safety systems.

The system was first tried out at the Tianwan NPP in China and now it is being mounted at Leningrad NPP-2 and Novovoronezh NPP-2.

### NPP-2006 Project

The large-scale program for nuclear power plant construction called for the need to design, under a tight schedule, a power plant with technical and economic characteristics exceeding those of all previous WWER projects. The project received the name “NPP-2006 Project”.

To start the project Rosatom gathered a number of teams, including a team to create design specifications for the development of a reactor facility for NPP-2006 project. The team was composed of leading specialists from the Hidropress design bureau, OKBM, Russian Research Centre the Kurchatov Institute, Rosenergoatom Concern, Atomstroyexport, three Atomenergoproekt institutes, VNIINPP, and a number of other organizations. The team was assigned to analyze and recapture the expertise gained during the development of NPP U-87, NPP-91, NPP-92, U-87/92, Kudankulam NPP and Tianwan NPP projects and introduce the best solutions into the design specifications for NPP-2006 project in order to meet the latest standards of safety and reliability, yet keeping capital expenses to a minimum.

Based on the approved design specifications for NPP-2006, two NPP projects have been developed: Novovoronezh NPP-2 (main design contractor – Atomenergoproekt, Moscow) and Leningrad NPP-2 (main design contractor – Atomenergoproekt, St. Petersburg). The power plants have the following performance characteristics: reactor nominal thermal power – 3200MW, design service life of the reactor main equipment – 60 years, nominal electric power of the unit– at least 1150MW, with the potential for boosting up to 1200MW, utilization (average for the entire NPP service life) – 92%, maximum level of fuel burnup (FA) – up to 70MW-day/kgU, time between refueling – up to 24 months, allowable recovery period of main safety systems – at least 72 hours.

Having the same performance targets defined by the design specification for NPP-2006 project, the design contractors came up with somewhat different designs derived from their own tradition and expertise. This competitive approach to project development will help to implement the best ideas when large-scale NPP construction begins.