

# Полный вперед?

## О настоящем и будущем мировой атомной энергетики

James Chater

**И**нженеры-атомщики всего мира готовятся к увеличению количества заказов на разработку новых реакторов и электростанций. Оправдан ли такой оптимизм? Журнал *Valve World* исследует текущее состояние возрождения атомной энергетики, рассуждает о возможном будущем атомной энергетики и рассматривает возможности производителей арматуры в области создания новых надежных и безопасных конструкций.

### Вступление

Сегодня в мире около 440 действующих ядерных реакторов, на долю которых приходится 16 процентов всей вырабатываемой электроэнергии.<sup>1</sup> Вроде бы не так много, но при этом вклад атомщиков имеет тенденцию к росту как в абсолютном, так и в процентном отношении. Причины тому — рост потребления электроэнергии во всем мире, особенно в Китае и других странах Азии, а также ряд экономических преимуществ, которые дает использование атомной энергии. Намерение построить или уже готовые планы строительства первых атомных станций в таких странах как Турция, Таиланд, Египет, Ливия, Марокко, Алжир, Тунис, Австралия, Индонезия, Польша, и пересмотр или изменение политики отказа от использования атомной энергии, например, в Нидерландах и Аргентине свидетельствует о возобновлении интереса к атомной энергетике.

<sup>1</sup> По данным сайта [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

### Азиатско-тихоокеанский регион: эпоха возрождения?

Все недавние разговоры об «эпохе возрождения атома» касаются только тех стран, которые в последние годы преуменьшали роль атомной энергии. В Азиатско-тихоокеанском регионе, однако, никогда этого не было (*см. таблицу 1*). Покуда на Западе наблюдалась стагнация в развитии атомной энергетики, в Китае, Японии и в Южной Корее продолжалось строительство новых АЭС.

Китай планирует удвоить свои атомные мощности с сегодняшних 2% до 4% к 2020 г. Став атомной державой, Китай, страхуя себя от возможных потерь, заказал проекты новых реакторов в компаниях Westinghouse и Areva, а также в Канадском институте по атомной энергии (AECL), но при этом разрабатывает также и свою собственную конструкцию реактора с гранулированным топливом (*см. таблицу 2*).

Следующий после Китая крупнейший потребитель энергии в Азии — это Индия. Россия, уже построившая два реактора в Индии, дала согласие на строительство еще четырех для АЭС Куданкулам. Это реакторы с водяным охлаждением NPP-92<sup>2</sup>, улучшенные показатели надежности которых позволяют двум блокам АЭС Куданкулам работать даже в условиях цунами. Индия эксплуатирует также ядерные реакторы с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем под давлением (PHWR), конструктивно подобные канадским тяжело-

<sup>2</sup> Проект энергоблока «АЭС-92» с реактором ВВЭР-1000. (прим. ред.)

водным урановым ядерным реакторам (CANDU), и планирует строительство еще трех реакторов EPR.

Япония и Южная Корея, тем временем, разрабатывают свои собственные конструкции реакторов. Toshiba создает новый кипящий реактор (BWR) наряду с общепризнанными реакторами с водой под давлением (PWR), унаследованными от Westinghouse, в то время как Южная Корея разработала реактор APR1400, первый такой реактор будет запущен в эксплуатацию в 2013 или 2014 годах. Таиланд намерен построить АЭС, пуск которой планируется в 2020 г., хотя до сих пор еще не выбран проект станции. В декабре 2006 г. Mitsubishi и Areva подписали соглашение о совместной работе над новым реактором третьего поколения.



*Чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию, нужно построить множество новых атомных электростанций (Рисунок из журнала «В мире науки» №1-2007, сайт <http://www.sciam.ru>)*

## Северная Америка: медленный старт

Соединенные Штаты, страна с наибольшим количеством действующих энергоблоков, не торопится разрабатывать новые: в июле 2007 г. было заказано всего два реактора вместо ожидаемых 21.<sup>3</sup> Но, возможно, положение исправится: ожидается, что до конца 2008 г. будут выданы лицензии на строительство более дюжины новых станций в США с применением комбинированных конструкций реакторов<sup>4</sup>. Строительство новых АЭС предполагается также в Мексике и Канаде. Возможно, новые станции будут построены в Онтарио и, по всей вероятности, в Альберте (Канада) для обеспечения энергией масштабного проекта добычи нефти из нефтеносных песков.

## Европа: неоднозначные перспективы

Европа и страны СНГ – еще два региона, где ожидается бурный рост атомной энергетики.

Франция, которая в национальном энергопотреблении уже на 75% опирается на атомную энергию, построит АЭС Flamanville-3, и именно во Франции, согласно решению участников международного проекта ITER, будет построен первый в мире экспериментальный реак-

тор термоядерного синтеза, контракт на проектные работы по которому получила британская компания Jacobs Engineering Group Inc.

Однако, через пролив покуда доминирует замешательство: правительство Великобритании намеревалось было построить АЭС нового поколения, но предложение оказалось заблокированным после того, как общественные консультации по этому вопросу были признаны судом «вводящими в заблуждение», «некорректными» и «процессуально неправильными». Еще одним препятствием явилось то, что прибрежные районы Соединенного Королевства имеют тенденцию к затоплению. Всё это, однако, не мешает British Energy вести переговоры с Фондом защиты окружающей среды (EDF) и немецкой энергетической компанией RWE.

В Европе общие перспективы неоднозначны: Финляндия предполагает в период с 2016 по 2018 гг. начать строительство новой электростанции мощностью 1000-1800 МВт, т.е. даже до того, как будет закончено строительство 3-го блока АЭС Olkiluoto с реактором типа EPR производства компании Areva. Другие страны, включая Нидерланды, Румынию, Словению и Чешскую Республику, также намереваются, планируют или уже строят ядерные установки. В Германии и Италии все еще существует мораторий на строительство новых АЭС. Но при этом итальянское Агентство по ядерной энергии (ENEL) поставит два реактора Словакии и подписало соглашение о сотрудничестве с Росатомом. В России дискутируются

## Атомные электростанции в Европе по состоянию на 2006 г.

### Nuclear Power Plants in Europe

Copyright © ICGT 2006  
www.icgt.org



Рисунок с сайта <http://www.ecolo.org>

<sup>3</sup> По данным сайта [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

<sup>4</sup> По данным EPRI Journal, вып. 2007-summer



Калининская АЭС. Фото из репортажа Сергея Косинцева с веб-сайта [www.fotoalbom.su](http://www.fotoalbom.su)



Строительство новой АЭС поколения III+ мощностью 1,6 ГВт в Олкилуото, Финляндия. (Рисунок из журнала «В мире науки» №1-2007, сайт <http://www.sciam.ru>)

планы разработки «плавающих» АЭС для удаленных районов на северо-востоке страны.

### За и против

Загрязнение окружающей среды от использования атомной энергетики в целом значительно меньше, чем от использования ископаемого топлива, хотя сегодня идут жаркие споры об объемах выбросов в атмосферу углекислоты атомными станциями в сравнении с другими типами электростанций. Как бы то ни было, атомщики уверены, что технологический уровень атомной энергетики позволяет повысить безопасность и объемы выработки энергии. Такой оптимизм опирается на успехи в создании третьего и четвертого поколений реакторов (см. табл. 2), которых отличают пассивная конструкция (меньше подвижных деталей), типичность деталей, простота и модульность, что позволяет надеяться на увеличение безопасности, эффективности и работоспособности. Несмотря на проблемы, которые таит в себе развитие атомных технологий: терроризм и стихийные бедствия, утилизация отходов и нераспространение ядерного оружия, немалые затраты на утилизацию при выводе АЭС из эксплуатации, — правительства большинства государств заинтересованы в расширении применения энергии атома, поскольку это позволяет диверсифицировать источники энергии.

Наличие больших запасов урана в политически стабильных странах, дружественных Западу, снижает опасность возникновения непредвиденных ситуаций. Кроме того, атомная энергия в какой-то мере может послужить гарантом политической независимости, если Россия использует поставляемый ею в Европу газ как инструмент политического давления.

### Замена урану?

Одним из сдерживающих факторов в развитии атомной энергетики может оказаться нехватка ядерного топлива. Если АЭС будут строиться в столь большом количестве — достаточно ли будет запасов урана для удовлетворения всех потребностей, надолго ли хватит этих запасов? Ответ

зависит не только от имеющегося количества урана, но и от его качества: некоторые урановые руды беднее других и требуют больших усилий и затрат для очистки. Однако существует решение и этой проблемы — торий. Вещество, открытое в 1828 году и названное в честь норвежского бога-громовержца, энергией своих ядер почти втрое богаче урана. Торий может использоваться в качестве ядерного топлива посредством воспроизводства урана-233 (U-233) — процесса, который требует значительно меньше плутония, чем тот, что используются в настоящее время. Технология эта известна давно, но интерес к ней возобновился в связи с тем, что торий сложно использовать в военных целях и от него меньше радиоактивных отходов.

Разведанные извлекаемые запасы урана		
Страна	Объем, т	Доля от общемировых запасов, %
Австралия	1 074 000	30
Казахстан	622 000	17
Канада	439 000	12
ЮАР	298 000	8
Намибия	213 000	6
Бразилия	143 000	4
Российская Федерация	158 000	4
США	102 000	3
Узбекистан	93 000	3
<b>Общемировые запасы</b>	<b>3 537 000</b>	

Мировые запасы тория (экономически извлекаемые)	
Страна	Объем, т
Австралия	300000
Индия	290000
Норвегия	170000
США	160000
Канада	100000
ЮАР	35000
Бразилия	16000
Другие страны	95000
<b>Общемировые запасы</b>	<b>1200000</b>

Данные получены редакцией «АС» из материалов журнала «Россия в глобальной политике», №4-2006

Согласно утверждению американской компании Thorium Power, существующим реакторам потребуется минимальная модификация для того, чтобы перейти на торий. В 2007 г. эта компания организовала альянс с российским конструкторским бюро «Красная Звезда» по разработке ториевой технологии для использования в коммерческих реакторах.

## Безопасность и надежность прежде всего!

Выход из строя арматуры явился результатом нескольких аварий на атомных электростанциях, наиболее значительная произошла на острове Три-Майл (штат Пенсильвания)<sup>5</sup>. Подобные аварии приводят к остановке АЭС, к шуму в прессе и громким расследованиям. Инженеры извлекают уроки из произошедшего и обмениваются информацией. Стремление усовершенствовать конструкции — хорошая новость для производителей, способных повысить безопасность и надежность своей арматуры. Примером того, как спецификация арматуры зависит от конструкций реакторов, может служить реактор APR1400, разрабатываемый в настоящее время в Южной Корее. Вместо трех обычных предохранительных клапанов системы компенсации давления и двух предохранительных клапанов системы сброса давления, используемых для реактора OPR1000, предполагается установить четыре импульсных предохранительных клапана<sup>6</sup>.

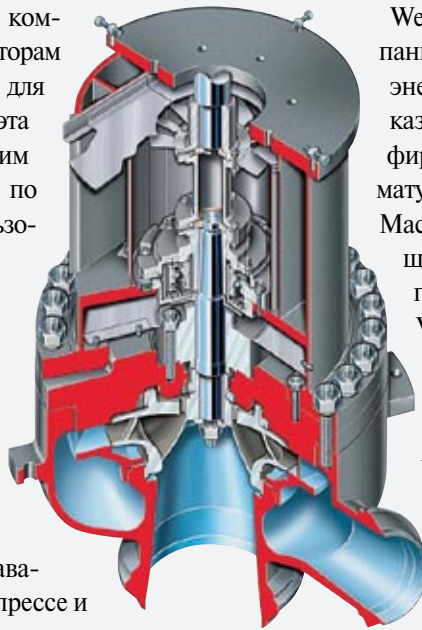
## Новации в арматуростроении

Velan, Weir и Valcor — из числа тех компаний, которые оперативно реагируют на возрастающие требования к безопасности и надежности. Velan поставляет арматуру для большинства американских, французских, китайских и южно-корейских, равно как и канадских или британских блоков. Для АЭС Duke Energy's Oconee фирма Velan разработала специальную конструкцию задвижек, управляемых приводами, способными развивать пусковое усилие до 13950 кгс<sup>7</sup> в обоих направлениях. Velan также поставляет 300 клапанов, разработанных на высоком техническом уровне, для АЭС Olkiluoto-3 с реактором Areva и арматуру для опытного модульного реактора PBMR в Северной Африке.

<sup>5</sup> Авария на АЭС Три Майл Айленд 28 марта 1979 года считалась самой крупной аварией на атомных станциях вплоть до произошедшей через 7 лет после нее Чернобыльской катастрофы. (прим. ред.)

<sup>6</sup> По данным сайта [www.dothaneagle.com](http://www.dothaneagle.com)

<sup>7</sup> В оригинале 31,000 lbf — «фунт-силы», британская единица измерения (прим. перев.)



*Одноступенчатый насос с торцевым разъемом (корпуса) для АЭС, тип WDF, фирмы Flowserve. Изготовлен в соответствии с требованиями ASME Section III Class 2.*

*Применяется для впрыска (теплоносителя) в защитную оболочку ядерного реактора, безопасного впрыска под высоким давлением, устранения остаточного тепла, впрыска, безопасного впрыска под низким давлением и охлаждения после останова реактора. Насос WDF, изготавливаемый из различных марок сталей, используется в реакторах PWR и BWR.*

Weir Valves & Controls (США) — еще одна компания, которой выгодно возрождение атомной энергетики. В предвкушении увеличения заказов на трубопроводную арматуру для АЭС фирма переместила производство атомной арматуры из Салема на другое побережье залива Массачусетс. Производство должно быть запущено нынешней осенью. В июне 2006 г. Weir получила заказ от корпорации Tennessee Valley Authority на изготовление главных паровых запорных клапанов для АЭС Browns Ferry. Новые клапаны будут иметь улучшенные характеристики герметичности и увеличат срок службы энергоблоков. Французская дочерняя компания Weir поставляет вспомогательные предохранительные клапаны для АЭС Olkiluoto-3, их основным достоинством является новая система демпфирования, обеспечивающая плавность хода арматуры, работающей на жидких средах.

Расширила свою деятельность в области атомной энергетики и компания Valcor. Недавно она подписала соглашение с Hoke Inc. об ответственности за соблюдения требований ASME III и безопасности арматуры фирмы Hoke Valves, предназначенной для АЭС. Фирма Valcor Nuclear также сотрудничает с фирмой Fox Valve, поставляя кавита-



*Главный запорный клапан Hopkinsons, производства фирмы Weir Valves & Controls.*



*AVVER – главный комбинированный паровой клапан производства фирмы CCI. AVVER представляет собой комбинированный модуль, назначение которого сократить время монтажа. В него входят: главный запорный паровой клапан, главный предохранительный перепускной клапан и быстродействующий перепускной клапан пара, управляемый приводом.*

ционные диффузоры для нужд атомной промышленности. Это пассивные устройства, регулирующие поток. Как правило, они используются в аварийных системах питания АЭС. Valcor провела успешные испытания нового воздушного импульсного клапана, предназначенного для использования в качестве импульсного электромагнитного клапана Scram для реакторов кипящей воды фирмы DE. Импульсные предохранительные клапаны используются для подачи сигнала о введении стержней при быстрой остановке реактора. Новая конструкция электромагнитных клапанов фирмы Valcor, разработанных специально для АЭС, не содержит мембраны, которая зачастую является причиной медленного срабатывания ныне существующих клапанов.

## Герметичность

Герметичность – это обязательное условие. Производители пытаются добиться полной герметичности арматуры при минимизации затрат. Фирма Velan разработала ряд клапанов для натриевого реактора-размножителя на быстрых нейтронах, в которых среда выступает в качестве уплотняющего элемента. Фирма Sempell (отделение фирмы Тусо) также разработала клапан для аварийной системы

охлаждения Скандинавской АЭС, работающий по принципу сброса давления среды, тем самым уменьшая время, требуемое для закрытия клапана.

Еще одна компания, производящая арматуру, управляемую непосредственно средой системы, – это CCI. Управляемые средой главный паровой клапан и запорный клапан питательной воды заменяют на нескольких станциях второго поколения приводные отсечные клапаны. В соответствии с заявлениями CCI новые клапаны работают только от среды и исключают необходимость в воздухе, газообразном азоте, гидравлических жидкостях, питающих насосах, возвратных пружинах, сальниковой набивки штоков и требующих тщательного технического обслуживания мягких седел.

## Автоматизация

Автоматизация в большей степени необходима для устранения субъективных ошибок и увеличения надежности. В июне 2006 г. фирма Emerson сообщила о том, что цифровые контроллеры клапанов Fisher® FIELDVUE® получили право применения в критических условиях эксплуатации на АЭС. Технология FIELDVIEW включает в себя возможность диагностики технических характеристик клапана, их анализа и настройки клапана, не прерывая его работы, помогая, таким образом, избежать остановов системы и снизить объем работ по техническому обслуживанию.

*Перевод Т.Склярковой*

\*\*\*

*Впервые опубликовано в журнале «Valve World» за октябрь 2007 г. [www.valve-world.net](http://www.valve-world.net).*

*Редакция журнала «Арматуростроение» благодарит Ивана Тиграновича Тер-Матеосянца (НПАА) за содействие и Сифа Ройманса (Sjef Roymans, Valve World) за предоставленную возможность публикации данного материала.*

Таблица 1

Современные проекты атомных станций		
Дата	Собственник	Описание
<b>СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА</b>		
6/2006		Онтарио, Канада, объявлено о новых мощностях АЭС.
9/2006	Энергетическая корпорация NRG Energy Inc.	Фирмам Hitachi Ltd и GE заказаны два реактора для США. Сдача в эксплуатацию в 2014 г.
9/2006	Энергетическая служба Луизианы	Газовая центрифуга завода по обогащению в Lea County, Нью-Мексико. Ввод в эксплуатацию в 2008 г., эксплуатация на полную мощность – с 2013 г.
9/2006	Корпорация TXU Corp.	В 2008 г. будут поданы заявки на приобретение лицензий на две-три строительных площадки для реакторов общей мощностью до 6 ГВт.
10/2006	Exelon	Заявки на приобретение лицензии на возможное строительство АЭС в Техасе.
2/2007	Tennessee Valley Authority	Заявки на строительство двух реакторов, возможны и другие проекты.

## Современные проекты атомных станций

Дата	Собственник	Описание
2/2007	DTE	Подготовка заявки на приобретение лицензии на строительство АЭС на площадке станции Fermi вблизи г. Монро, штат Мичиган, США.
3/2007	Федеральная комиссия по электроэнергетике (Мексика) Alstom	Модернизация АЭС Laguna Verde в г. Веракрус. (Руководитель консорциума – Iberinco.) Окончание – 2010 г.
3/2007	Корпорация TXU.	Mitsubishi (МН) получила заказ на поставку двух реакторов APWR мощностью 1700 МВт для АС вблизи Далласа, США. Пуск – 2015 г.
4/2007	Entergy	Ранее получено разрешение на строительство нового блока на АЭС Grand Gulf в штате Миссисипи.
9/2007		Принято предложение о рассмотрении технической возможности установки реактора ACR1000 в Point Lepreau, Канада.
9/2007	Энергетическая корпорация NRG Energy Inc.	Поступил запрос от NRC о разрешении на строительство дополнительно 2 новых реакторов (мощностью 2700 МВт) для АЭС в Бей Сити, Техас.
<b>ЮЖНАЯ АМЕРИКА</b>		
1/2007	АЕСЛ и Агентство по атомной энергетике Аргентины Nucleoeléctrica Argentina (для Atucha II)	Правительство объявило о планах завершения строительства АЭС Atucha II. Принято решение о рассмотрении технической возможности строительства четырех блоков; продлении срока службы АЭС Embalse, и пр.
<b>ЕВРОПА</b>		
10/2006		Изменив свою политику в области атомной энергии, Нидерланды подготовили требования к строительству АЭС.
12/2006		Атомстройэкспорт построит два реактора типа ВВЭР-1000 для АЭС в Белене, Болгария.
12/2006	ITER	Jacobs получил контракт на разработку центра ядерного синтеза в Cadarache, Франция.
1/2007	EDF	Areva выиграла тендер на поставку системы подачи пара реактора EPR, АЭС в Flamanville, Франция.
2/2007	Британская энергетика	Идут переговоры относительно реакторов EDF и RWE в связи со строительством новой АЭС в Великобритании.
6/2007	ENEL	Enel и правительство Словакии достигли соглашения об окончании строительства двух блоков АЭС Mochovce.
6/2007	Outokumpu, Boliden, Rauman Energia, Katterncz and E.ON	Fennovoima планирует строительство новой АЭС в Финляндии мощностью 1000-1800 МВт. Ввод в эксплуатацию – 2016-18 гг.
<b>РОССИЯ/СНГ</b>		
2/2007	Ленинградская АЭС	Модернизация 3 блока; планируется модернизация 4 блока; далее планируется установка реактора ВВЭР мощностью 1500 МВт.
4/2007		Россия планирует строить по 2 энергоблока мощностью 1000 МВт в год до 2015 г. и по 4 блока в год в период до 2020 г.
4/2007	Enel, Росатом	Соглашение о строительстве АЭС в России и Восточной Европе.
4/2007	Росатом, Русал	Соглашение о строительстве АЭС и алюминиевых заводов в России.
4/2007		Беларусь объявила о намерениях в области строительства АЭС.
4/2007	СП Росэнергоатом+Севмаш	7 «плавающих» АЭС к 2015 г. для северо-восточных районов России.
<b>АФРИКА/БЛИЖНИЙ ВОСТОК</b>		
10/2006		Египет объявил о наличии программы строительства АЭС с бюджетом в 2 млрд долларов США.
3/2007		ЮАР намерена построить вторую АЭС.
8/2007		Франция и Ливия пришли к соглашению о строительстве ливийского реактора для опреснения воды.
<b>АЗИЯ</b>		
9/2006	Vedanta Resources	Приглашает для участия в тендере на участие в строительстве АЭС в Индии (мощность 2400 МВт).
10/2006		Пакистан объявил о выборе 6 участков для строительства АЭС.
12/2006		Toshiba покупает Westinghouse
12/2006		Areva и Mitsubishi (МН) совместно работают в области атомной энергии, достигнуто соглашение о разработке реакторов 3 поколения мощностью 1000 МВт.
12/2006	CGNPC	Китай построит новую АЭС Xiaomoshan Hill в г. Yueyang City, провинция Hunan. Мощность – 6000 МВт.
1/2007		Toshiba разработает реактор BWR для Японии и других стран к 2015 г.
2/2007		Россия дала согласие на строительство еще 4 блоков АЭС Куданкулам, Индия.
2/2007	CGNPC	Areva выиграла тендер в 5 млрд долларов США на строительство двух блоков АЭС в провинции Guangdong, Китай. Мощность – 3.2 ГВт. Окончание строительства – приблизительно 2013 г.
2/2007	Национальная теплоэнергетическая корпорация (Индия)	Соглашение о строительстве 4 реакторов с водяным охлаждением для АЭС Куданкулам, Индия.
3/2007	Ciner Group (Park Holding)	Заявка на приобретение лицензии на строительство первой АЭС в Турции, бухта Аккуу в Мерсине.

## Современные проекты атомных станций

Дата	Собственник	Описание
<b>АЗИЯ</b>		
4/2007	CGNPC	Подготовка площадки для четырех блоков PHWR мощностью по 700 МВт; подготовительная работа по разработке проекта мощностью 10 000 МВт с использованием реакторов в Индии, штат Махараштра.
4/2007	AC Hunan Nuclear Power	На рассмотрении находится план строительства АЭС Xiaomoshan в китайской провинции Хунан.
5/2007	Doosan Heavy Industries Co.	Оборудование для АЭС, которые должны будут быть построены в Китае в соответствии с предварительным соглашением с Westinghouse – это 2 реактора и 4 парогенератора для двух АЭС в Санмене и 2 других станций в Haiyang. Поставки запланированы на 2012 г.
6/2007	Electricity Generating Authority, Таиланд	Таиланд намерен построить первую АЭС. Мощность – 4000 МВт. Ввод в эксплуатацию – 2020 г.
7/2007	NPCIL	Rati Sonapur в штате Орисса, Индия, рассматривается как возможное место строительства новой АЭС.
7/2007	Государственная корпорация по атомной энергетике и партнеры	Westinghouse и Shaw Group намерены построить два реактора AP1000 в Санмене и два в Haiyang, в Китае. Первая станция вступит в строй в 2013 г.
8/2007	Nuclear Power Qinshan Joint Venture	Международная вашингтонская группа выиграла тендер на оказание консалтинговых услуг китайским АЭС.

Таблица 2.

## Конструкции современных реакторов и реакторов будущего

Поколение	Аббревиатура	Полное название	Описание
II	AGR	Advanced Gas-cooler Reactor	Усовершенствованный газоохлаждаемый реактор. Разработан в Великобритании на базе магноксового реактора. Использует графит в качестве замедлителя нейтронов и диоксид углерода в качестве теплоносителя.
	PWR	Pressurized Water Reactor	Реактор с водой под давлением. Использует воду под высоким давлением в качестве теплоносителя и замедлителя нейтронов. Тип реактора, поддержанный Westinghouse.
	ВВЭР	Водо-Водяной Энергетический Реактор	Российская конструкция реактора с водой под давлением.
	BWR	Boiling Water Reactor	Кипящий реактор. Разработан фирмами Allis-Chalmers и General Electric (GE) в середине 1950-х годов. В отличие от PWR, пар вырабатывается в активной зоне реактора, а не в парогенераторах.
	CANDU	CANada-Deuterium-Uranium (зарегистрированный торговый знак AECL)	Дейтерий-урановый реактор. Тип реактора с тяжелой водой в качестве замедлителя. Создан в конце 1950-х и в 1960-е годы в Канаде, национальной компанией по атомной энергии AECL (Atomic Energy of Canada Limited.) Используется в Канаде и экспортируется в другие страны.
III	ABWR	Advanced Boiling Water Reactor	Усовершенствованный кипящий реактор. Создан фирмой GE на базе реактора BWR. Работает в Японии с 1996 г. Усовершенствование конструкции заключается в наличии встроенных рециркуляционных насосов в котле реактора.
	ACR	Advanced CANDU Reactor	Усовершенствованный реактор CANDU. Легководный реактор, использующий технологии как тяжеловодных реакторов с водой под высоким давлением (PHWR), так и реакторов APWR. Конструкция данного реактора подобна конструкции парогенерирующего тяжеловодного реактора (SGHWR). Разработан на базе реактора CANDU.
	АТЭС-ММ	«Плавающие» АЭС	Небольшие модульные АЭС, спроектированные Росатомом для использования в отдаленных районах северо-востока России.
III+	EPR	European Pressurized Reactor. (С некоторых пор эта аббревиатура также расшифровывается как Evolutionary Power Reactor)	Усовершенствованный реактор PWR со стандартными комплектующими. Разработан и создан Framatome (Areva), Электроэнергетической компанией Франции (EDF) и Siemens.
	US-EPR		Конструкция реактора EPR, специально доработанная с учетом требований США
	APWR	Advanced Pressurized Water Reactor	Усовершенствованный реактор PWR. Это реакторы AP600 и AP1000 (Westinghouse), APWR (Mitsubishi) и APR1400 (Doosan), разработанные для корейской компании по гидравлической и атомной энергетике.
	ESBWR	Economic Simplified Boiling Water Reactor	Разработан GE на базе своего реактора BWR. Пассивная конструкция отличается естественной циркуляцией без использования рециркуляционных насосов или трубопроводов.
	БК-300	Водяной кипящий реактор на 300 МВт	Тип упрощенного реактора BWR, разработанного НИИ энергетики в России.
	SWR 1000	Siemens и Areva	Использована концепция реактора ABWR с пассивным безопасным оборудованием и упрощенной технологической системой станции. Разработана по совместному заказу поставщиков электроэнергии Германии и других европейских стран.

Конструкции современных реакторов и реакторов будущего			
Поколение	Аббревиатура	Полное название	Описание
IV	IRIS	International Reactor Innovative and Secure	Уменьшенный PWR реактор с находящимися в полости под давлением парогенераторами, компенсаторами давления, приводами регулирующих стержней и насосами системы охлаждения реактора. Разработан международной группой под руководством Westinghouse.
	ABWR	Advanced Boiling Water Reactor	Усовершенствованный кипящий реактор. Toshiba планирует выпуск новой конструкции реактора ABWR к 2015 г.
	VHTR	Very High Temperature Reactor. Известен также как High Temperature Gas-cooler Reactor (HTGR)	«Реактор сверхвысоких температур». Графитовый ядерный реактор, имеющий однократный урановый топливный цикл. Активная зона реактора может быть либо с «призматическим блоком» <sup>8</sup> , либо с «шаровой засыпкой». При температуре теплоносителя на выходе реактора порядка 1000 °С становится возможным производство водорода из воды. Теплоносителем является гелий или расплав солей (LS-VHTR).
	PBR	Pebble-Bed Reactor	Реактор «с шаровой засыпкой» (с гранулированным топливом). В таком реакторе активная зона имеет форму шара, в который засыпаны тепло-выделяющие элементы, представляющие собой покрытые керамической оболочкой шарики пирогрфита, в который вкраплены частицы оксида урана. В качестве теплоносителя используется инертный газ. Впервые реактор AVR подобного типа был создан в Германии, проработал с 1966 по 1988 г., после чего был отключен. В настоящее время разрабатываются в Южной Африке (PMBR) и Китае, где реактор HTR-10 является пока единственным работающим реактором.
	AHWR	Advanced Heavy Water Reactor	Усовершенствованный реактор с тяжеловодным замедлителем, разработанный в Индии на базе индийского реактора PHWR. В качестве основного топлива использует торий.
	GT-MHR	Gas Turbine-Modular Helium Reactor	Система «Газовая турбина – модульный гелиевый реактор». Ядерный реактор с охлаждением газообразным гелием обладает «внутренне присущей» безопасностью: чем сильнее нагрев – тем слабее реакция, вплоть до остановки естественным путём, без всякого участия системы управления. Преобразование энергии горячего гелия в электричество кратчайшим путем – с помощью газовой турбины так называемого замкнутого цикла Брайтона, с размещением турбогенератора и реактора в закрытых капсулах под землёй.
	ADSR	Accelerator Driven Subcritical Reactor	Процесс деления ядер происходит при температуре ниже критической (так что спонтанная цепная реакция исключена) и поддерживается быстрыми нейтронами, которые непрерывно вбрасывает в реактор внешний ускоритель. Расплавление ядерных топливных элементов реактора в аварийной ситуации предотвращается отключением ускорителя. Отходы такого цикла быстро распадаются, теряя радиоактивность. (De Pers (Нидерланды), 6 февраля 2007.)

Таблица 3.

Последние заказы арматуры для АЭС					
Дата	Поставщик	Проект	Тип реактора	Компания	Тип
5/2005	Velan	PBMR демо-реактор в Южной Африке	PBMR	Eskom	Регулирующая арматура на тяжелые условия эксплуатации, прямооточные сильфонные запорные клапаны и клапаны обратные для контура испытательной установки гелия (HTF)
9/2005	Velan	Olkiluoto, 3 блок, Финляндия	EPR, разработка Areva	TVO	Главный запорный клапан питательной воды и отсечная аварийная арматура; конструктивно сложные клапаны для систем безопасного впрыска; сильфонные задвижки и запорные клапаны на высокое давление; клапаны обратные на высокое давление
4/2006	Weir	Olkiluoto, 3 блок, Финляндия	EPR, разработка Areva	TVO	Вспомогательные предохранительные клапаны
6/2006	Weir	AC Browns Ferry, блоки 2 и 3	BWR	Управление ресурсами бассейна Теннесси	Устройства ручного подрыва и приводы для главных отсечных клапанов пара
3/2007	Flowserve	Olkiluoto, 3 блок, Финляндия	EPR, разработка Areva	TVO	Главные отсечные клапаны пара и главные отсечные клапаны питательной воды
6/2007	SPX	Various, Китай	AP1000, Westinghouse	Корейская электроэнергетическая компания	Специально разработанная и изготовленная арматура
	Valcor и Flowserve	Yonggwang, Южная Корея, блоки 5 и 6	1000MW, разработка Корейской электроэнергетической компании (КОРЕС)	Корпорация (KEPCO)	Четыре электромагнитных клапана DN 150

<sup>8</sup> К сожалению, при переводе не удалось расшифровать эту авторскую метафору (прим. ред.)