

РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ИНДИИ

Программа ядерной энергии в Индии стремительно развивается. Ожидается, что к 2020 г. в эксплуатацию поступит 14600 МВт ядерных мощностей. Цель программы – генерация 25% всей электроэнергии на АЭС к 2050 г.

В течение 34 лет Индия не занималась торговлей в области атомных электростанций и ядерных материалов из-за военной программы, и поэтому не заключала Договор о нераспространении ядерного оружия. Это препятствовало развитию гражданской ядерной энергетики вплоть до 2009 г.

Из-за запретов на торговлю и отсутствия запасов урана, Индия занималась разработкой ядерного топливного цикла, используя собственные запасы тория.

С 2010 г. из-за полной несовместимости закона о гражданско-правовой ответственности Индии и международной конвенции, существуют ограничения в предоставлении иностранных технологий.

Индия планирует стать мировым лидером в области ядерных технологий благодаря своему опыту работы с быстрыми ядерными реакторами и ториевому топливному циклу АЭС.

Потребление первичной энергии в Индии в период с 1990 по 2011 г. увеличилось более чем в два раза почти до 25,000 ПДж. Зависимость Индии от импорта энергетических ресурсов и несовместимая с ней реформа энергетического сектора стимулируют удовлетворение растущего спроса.

Энергетический обзор компании ВР за 2015 г. прогнозирует рост производства энергии в Индии к 2035 г. на 117%, а рост потребления – на 128%. Энергетический баланс страны в течение следующих 22 лет будет развиваться очень медленно, например, в 2035 г. спрос на ископаемое топливо составит 87% по сравнению с мировым средним показателем в 81% (по сравнению с 92% на сегодня). Нефть (нефтяное топливо) останется основным видом топлива (36%), на втором месте по популярности будет газ (30%), затем – уголь (21%). Выбросы CO₂ увеличатся на 115%.

Спрос на электроэнергию в Индии стремительно растет. Например, количество валовой электроэнергии, произведенной в 2012 г. в объеме 1128 млрд. киловатт-часов (ТВт·ч), в три раза превышает объемы производства в 1990 г., где показатель ежегодного потребления электроэнергии на душу населения составлял 750 кВт·ч. В 2012 г. из-за больших потерь при передаче - 193 ТВт·ч (17%), потребление составило только 869 млрд. кВт·ч. Валовая выработка электроэнергии путем сжигания угля составила 801 ТВт, путем сжигания газа - 94 ТВт, нефти - 23 ТВт, 33 млрд. кВт·ч - благодаря ядерной энергии, 126 ТВт получили благодаря гидроэнергетике и 50 ТВт из других возобновляемых источников энергии. В настоящее время угольная генерация электроэнергии составляет более чем две трети всей электроэнергии, однако ее запасы значительно ограничены - в 2013 г. было импортировано 159 млн. тонн, помимо 533 млн. тонн местного производства. Ожидается, что количество потребления электроэнергии на душу населения к 2020 г. удвоится, ежегодный рост составит 6,3% и достигнет 5000-6000 кВт·ч к 2050 г., а потребность составит около 8000 ТВт в год. Существует острая потребность во все более и более надежных источниках питания. Треть населения Индии не имеет подключения ни к одной из сетей.

К середине 2012 г. в сеть поступило 203 ГВт. По состоянию на сентябрь 2012 г. в сети насчитывалось 211 ГВт. Двенадцатый пятилетний план правительства, стоимостью 247 млрд. долл., ориентирован на добавление в сеть 94 ГВт в течение периода с 2012 по

2017 г. Три четверти всего объема планируют получить при помощи сжигания каменного угля или бурого угля (лигнит), и только 3,4 ГВт получают при помощи ядерной энергии, включая эксплуатацию двух импортированных единиц мощностью 1000 МВт, которые запланированы на одном из участков, а также двух местных единиц по 700 МВт на другом участке. К 2032 г. рост ВВП на 7-9% планируют удовлетворить за счет 700 ГВт установленных мощностей, 63 ГВт из которых будут ядерного происхождения. Международное агентство по ОЭСР прогнозирует, что к 2035 г. Индия будет нуждаться в инвестициях порядка 1600 млрд. долл., необходимых для развития сектора энергогенерации, передачи и распределения.

В Индии существует пять электрических сетей - Северная, Восточная, Северо-Восточная, Южная и Западная. Все сети, в некоторой степени, соединены между собой, за исключением Южной. Все находятся в ведении государственной электросетевой корпорации India Ltd. (PGCI), которая является оператором более чем 95000 км линий электропередач. В июле 2012 г. рано утром произошло нарушение электроснабжения Северной сети с нагрузкой 35669 МВт, а на следующий день снабжение было нарушено еще на двух других участках сети. Таким образом, более 600 миллионов человек в 22 штатах остались без электричества на целый день.

Согласно отчету KPMG, общий убыток при передаче и распределении (T&D) за 2007 г. составил более 6 млрд. долл. Отчет за 2012 г. показал убыток в размере 12,6 млрд. долл. По оценкам 2010 г. потери в разных штатах были разными, средний показатель по стране составил 27%, что значительно выше плановых 15%, установленных в 2001 г., когда средний показатель составлял 34%. Установленная пропускная способность электросетей на то время составляла всего около 13% генерирующих мощностей.

Приоритетными задачами Индии являются экономический рост и борьба с нищетой. Из-за масштабного использования угля следует, что сокращение выбросов CO₂ не имеет особой важности. Правительство отказалось от постановки новых целей на грядущую 21-ю Конференцию Партий по климатическим изменениям, которая состоится в Париже в 2015 г. В сентябре 2014 г. министр охраны окружающей среды заявил, что выбросы CO₂ в Индии снизятся не раньше, чем через 30 лет.

Атомная энергия

В период с 2013 по 2014 г. Корпорация ядерной энергии Индии (Nuclear Power Corporation of India, NPCIL) произвела 35 ТВт всей электроэнергии страны, 5,3 ГВт из которых были ядерного происхождения с общим коэффициентом мощности 83% и готовностью к производству электроэнергии 88%.

Ситуация с топливом в Индии, а именно - нехватка ископаемого топлива, ведет к инвестициям в ядерную электроэнергию с целью ее увеличения на 25% к 2050 г., когда предположительно будет необходимо 1094 ГВт мощностей для покрытия базовой нагрузки. Сумма необходимых инвестиций в энергосистему равна инвестициям в электростанции.

Примерно с 2004 г. атомная энергетика была нацелена в основном на обеспечение 20 ГВт к 2020 г., но в 2007 г. премьер-министр назвал эту цифру «скромной» и заверил в способности «увеличить ее в два раза благодаря международному сотрудничеству». Тем не менее, очевидно, что для генерации даже целевых 20 ГВт потребуются ввоз (импорт) большого количества урана. В июне 2009 г. NPCIL заявила о намерениях генерации 60 ГВт ядерной электроэнергии к 2032 г., из которых 40 ГВт мощностей планируют получить при помощи ВВЭР и 7 ГВт при помощи новых мощностей ТВР (тяжеловодный реактор), работающих на импортируемом уране. В 2011 г. планы по генерации на 2032 г. были увеличены до 63 ГВт. Но в декабре 2011 г. парламент определил более реалистичные

цели. Таким образом, на 2020-21 запланировано 14,600 МВт и 27500 МВт к 2032 г., по сравнению с 4780 МВт и 10080 МВт соответственно, с учетом подключения строящихся реакторов к сети в 2017 г.

Предполагаемая стоимость 16 реакторов ТВР и ЛВР составляет около 40 млрд. долл. Восемь реакторов ТВР мощностью 700 МВт будут построены на станциях Кайга (Kaiga), штат Карнатака (Karnataka), станции Горакхпур (Gorakhpur) в Харьяна (Haryana), штат Фатехабад (Fatehabad), Бансвада (Banswada), Раджастан (Rajasthan) и на Чутка (Chutka), штат Мадхья-Прадеш (Madhya Pradesh).

В июле 2014 г. премьер-министр Индии призвал Департамент атомной энергии (DAE) утроить ядерный потенциал до 17 ГВт к 2024 г. Он также похвалил «самообеспечение Индии в области ядерного топливного цикла и коммерческий успех местных реакторов». Он также подчеркнул важность сохранения коммерческой целесообразности и конкурентоспособности ядерной энергии по сравнению с другими экологически чистыми источниками энергии.

После обязательств законодательство начало ограничивать допуск иностранных поставщиков реакторов. В начале 2102 г. правительство заявило, что хотело бы увеличить добычу угля на 150 т/г. (при существующих 440 т/г.) для поддержки 60 ГВт новых угольных электростанций (мощностей), которые планируют построить к 2015 г. Это будет включать 56 млрд. рупий новых инвестиций в железнодорожную инфраструктуру.

В долгосрочной перспективе Комиссия по атомной энергии предусматривает ввод в эксплуатацию около 500 ГВт ядерных мощностей к 2060 г., предполагая, что суммарное количество мощностей может быть еще выше: до 600-700 ГВт к 2050 г., что составит половину всей электроэнергии страны. Согласно другой проекции, доля атомной энергии увеличится до 9% к 2037 г.

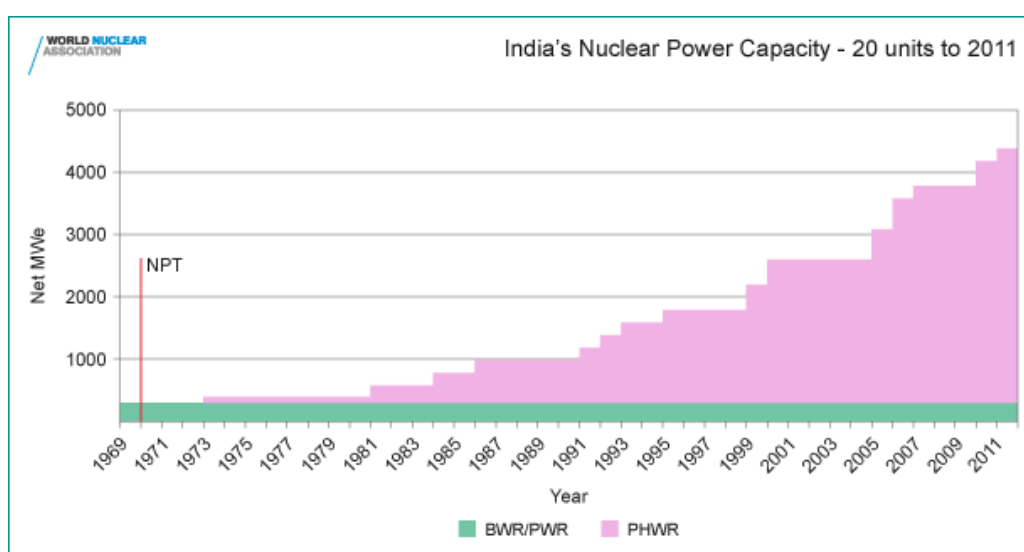
Развитие атомной энергетики в Индии

В Индии хорошо развита гражданская атомная энергетика. Все началось со строительства двух небольших кипящих реакторов в Тарапуре в 1960-х гг. Стратегия гражданской ядерной энергетики заключалась в полной независимости ядерного топливного цикла, что было необходимо ввиду неподписания договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) в 1970 г., в связи с возможностью приобретения ядерного оружия начиная с 1970 г. (существует пять стран, которые до 1970 г. имели статус ядерных государств в соответствии с ДНЯО.)

Программа атомной энергетики Индии развивалась, в основном, без топлива и технической помощи со стороны других стран. Проект тяжеловодного реактора (ТВР) был согласован в 1964 г. Поскольку он не нуждался в большом количестве природного урана, в отличие от кипящих реакторов, он не нуждался в обогащении и мог быть построен с помощью имеющегося инженерного потенциала страны на то время. В середине 1990-х гг. энергетические реакторы были одними из самых слабых в мире по фактору мощности из-за технических трудностей в связи с изоляцией страны. Однако мощности реакторов сильно выросли с 60% в 1995 г. до 85% в 2001-02 гг. Позже, в 2008-10 гг., коэффициенты нагрузки упали из-за нехватки уранового топлива.

Индия развивала самообеспечение ядерной энергией, начиная с разведки и добычи урана для производства топлива, производства тяжелой воды, проектирования и строительства реакторов и до переработки, а также утилизации отходов. Существует также небольшой реактор на быстрых нейтронах, помимо которого строится еще один, гораздо больший. Страна также занимается разработкой технологий, которые позволят использовать богатые ресурсы тория в качестве ядерного топлива.

Научно-исследовательский центр по атомной энергии был создан в 1957 в Тромбее, недалеко от Мумбаи, который переименовали в Центр атомных исследований Хоми Баба (BARC, Bhabha Atomic Research Centre) десять лет спустя. В 1964 г. были завершены планы по строительству первого тяжеловодного реактора (ТВР) и его прототипа - Раджастхан 1 (Rajasthan 1), которые в качестве опорного блока взяли за основу канадский реактор Douglas Point. Реактор Rajasthan 1 был построен в рамках совместного сотрудничества между акционерным обществом по атомной энергии Канады (AECL) и NPCIL. Запуск реактора в эксплуатацию состоялся в 1972 г. На его базе строили последующие тяжеловодные реакторы, однако можно выделить несколько этапов эволюции: ТВРы с погружным и одинарным резервуаром на Rajasthan 1-2, реакторы ТВР с бассейном подавления давления и двойной защитной оболочкой в Мадрасе (Madras), позже появились стандартизированные реакторы ТВР из Нарога с двойной защитной оболочкой ядерного реактора и каландра, наполненным тяжелой водой, который находится в резервуаре (хранилище) для каландра, также заполненного водой.



Ядерные мощности в Индии на 2011 г. (20 блоков)

Атомная энергетическая корпорация Индии (NPCIL) несет ответственность за проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатацию тепловых атомных электростанций. В начале 2010 г. она заявила о достаточном наличии денежных средств для строительства 10000 МВт новых мощностей. Модель финансирования состоит из 70% акций и 30% заемного финансирования. Тем не менее, корпорация стремится привлечь другие общественные сектора и частные корпорации для будущего расширения ядерной энергетики, в частности, Национальную корпорацию тепловых электростанций (NTPC). NTPC намного крупнее, чем NPCIL и является в качестве основного производителя электроэнергии. NTPC, в основном, находится в государственной собственности. Закон об атомной энергии 1962 г. запрещает частный контроль производства ядерной энергии, однако разрешает миноритарные инвестиции. По состоянию на конец 2010 г. правительство не собиралось вносить изменения в Закон об увеличении доли частного капитала в атомных электростанциях.

Действующие атомные реакторы в Индии

По состоянию на декабрь 2014 г. около 40% ядерного потенциала работало на привозном уране при номинальной мощности. Остальные реакторы, работа которых зависит от местного урана, работали при неполной мощности, несмотря на то, что ситуация с поставками улучшилась.

Атомные реакторы Индии в эксплуатации:

Статус безопасности	Ввод в коммерческую эксплуатацию	МВт (каждый)	Тип	Штат	Реактор
Отдельные позиции, Окт. 2009	1969	150	GE BWR	Maharashtra	Tarapur 1&2
нулевой	1999, 2000	202	PHWR	Karnataka	Kaiga 1&2
нулевой	2007, 2012	202	PHWR	Karnataka	Kaiga 3&4
декабрь 2010 согласно новому соглашению	1993, 1995	202	PHWR	Gujarat	Kakrapar 1&2
нулевой	1984, 1986	202	PHWR	Tamil Nadu	Madras 1&2 (MAPS)
С января 2015 согласно новому соглашению	1991, 1992	202	PHWR	Uttar Pradesh	Narora 1&2
Отдельные позиции, Окт. 2009	1973, 1981	90, 187	Candu PHWR	Rajasthan	Rajasthan 1&2
Март 2010 согласно новому соглашению	1999, 2000	202	PHWR	Rajasthan	Rajasthan 3&4
Окт. 2009 согласно новому соглашению	Февраль и апрель 2010	202	PHWR	Rajasthan	Rajasthan 5&6
нулевой	2006, 2005	490	PHWR	Maharashtra	Tarapur 3&4
Отдельные позиции, Окт. 2009	Декабрь 2014	917	PWR (VVER)	Tamil Nadu	Kudankulam 1
		5302 МВт			Всего (21)

Реактор Madras (MAPS), также известен как Kalpakkam Rajasthan/RAPS, расположен в Rawatbhata; встречаются также следующие сокращения: Kaiga = KGS, Kakrapar = KAPS, Narora = NAPS

Действующие атомные реакторы в Индии

По состоянию на декабрь 2014 г. около 40% ядерного потенциала работало на привозном уране при номинальной мощности. Остальные реакторы, работа которых зависит от местного урана, работали при неполной мощности, несмотря на то, что ситуация с поставками улучшилась.

Два кипящих реактора Тагаруп мощностью 150 МВт (BWR), построенные GE (General Electric) под ключ до подписания Договора о нераспространении ядерного оружия, первоначально должны были иметь мощность 200 МВт. Они имели низкий рейтинг из-за постоянно возникающих проблем, которые со временем были устранены. В 1980-90-е гг. реакторы работали на импортируемом уране из Франции и Китая, а с 2001 г. – на уране из России. Они также соответствуют гарантиям МАГАТЭ. Тем не менее, в конце 2004 г. Россия отказалась в дальнейшем поставлять уран Группе ядерных поставщиков. Спустя шесть месяцев после завершения капитального ремонта в течение 2005-06 гг., в марте 2006 г. Россия согласилась возобновить поставки топлива. В декабре 2008 г. с Росатомом был заключен контракт стоимостью 700 млн. долл. о продолжении

поставок урана. В 2015 г. был подписан еще один контракт с ТВЭЛ на поставку топлива, которое будут включены в ТВС на ядерном топливном комплексе в городе Хайдарабад (Hyderabad).

Два небольших канадских (Candu) реактора ТВР на АЭС Rajasthan были запущены в эксплуатацию в 1972 и 1980 г. соответственно. Реактор Rajasthan 1 имел слабый рейтинг с самого начала эксплуатации и проработал недолго. В 2004 г. его закрыли из-за продолжающихся проблем, поскольку правительство было обеспокоено его будущим. Рейтинг реактора Rajasthan 2 понизился еще в 1990 г. После проведения капитального ремонта (2007-09 гг.) он был снова запущен на полную мощность на привозном уране.

Реакторы ТВР мощностью 220 МВт (202 МВт нетто) были изначально разработаны и построены NPCIL (Атомная корпорация Индии) на основе канадского проекта. Единственная в истории авария на индийской АЭС была связана с пожаром в машинном зале, который произошел в 1993 г. на АЭС Narora, в результате которого станция была полностью обесточена на протяжении 17 часов. Активная зона ядра не пострадала, и не было радиологического воздействия на окружающую среду, однако аварию оценили по международной шкале INES на 3 балла и назвали «серьезным происшествием».

На реакторах Madras (MAPS) был проведен капитальный ремонт в 2002-2003 и 2004-2005 гг., после чего их валовая производительность восстановилась до 220 МВт (со 170 МВт). В ходе ремонта заменили большую часть ядер и продлили сроки эксплуатации до 2033 и 2036 гг.

Блок 1 АЭС Какрапар был полностью отремонтирован и модернизирован в 2009-2010 гг. после 16 лет эксплуатации, на котором, также, как и на блоке Narora 2, была проведена замена охлаждающих каналов ядерного реактора (труб каландра).

После аварии на Фукусиме в марте 2011 г. четыре целевые группы NPCIL провели оценку аналогичной ситуации в Индии и, в промежуточном докладе в июле того же г., составили перечень рекомендаций для улучшения безопасности кипящих реакторов и всех реакторов типа ТВР. Отчет комитета высокого уровня, назначенного Советом по регулированию атомной энергии (AERB), был представлен в конце августа 2011 г., в котором значилось, что станции Tarapur и Madras нуждаются в дополнительном техническом обеспечении чтобы противостоять масштабным бедствиям/авариям. Два кипящих реактора Tarapur были модернизированы ранее с целью обеспечения непрерывного охлаждения реактора при длительном отключении станции и обеспечения введение азота в защитные оболочки реактора. Тем не менее, рекомендуется провести дальнейшие работы по модернизации реакторов. На Madras необходимо усилить защиту от наводнений в случае цунами выше, чем были в 2004 г. Прототип ядерного реактора на быстрых нейтронах (PFR), который строится на АЭС Kalpakkam, имеет достаточно высокую защиту, которую установили после затопления участка в 2004 г.

Реакторы 3 и 4 на АЭС Тагаруп с чистой мощностью 540 МВт (490 МВт), разработанные на основе отечественной модели ТВР мощностью 220 МВт (брутто), были построены NPCIL. Первый блок - Тагаруп 4 - был подключен к сети в июне 2005 г. и начал коммерческую эксплуатацию в сентябре. Тагаруп 4 достиг критичности через пять лет, что на семь месяцев раньше срока. Его близнец - Блок 3 - был подключен к сети на г. позже, в июне 2006 г., и был введен в коммерческую эксплуатацию в августе - на пять месяцев раньше запланированного срока. Стоимость электроэнергии на Тагаруп 3 и 4 составляет около 1200 долл/кВт и может конкурировать с ценой импортируемого угля.

Будущие местные реакторы ТВР (PHWR) будут иметь чистую мощность в 700 МВт (640 МВт нетто). Первые четыре реактора строятся на АЭС Какрапар и Rajasthan. Запуск в эксплуатацию запланирован на 2017 г. Стоимость каждого реактора оценивается

примерно в 120 млрд. рупий, или 1700 долл/кВт. Почти 40% используемого топлива составит слабо обогащенный уран (SEU) - около 1,1% U-235, для достижения более высокого сгорания топлива - до 21000 МВт-ч/т. Первоначально это топливо будет импортироваться как слабо обогащенный уран (SEU).

АЭС "Kudankulam", блоки 1 и 2: Российская компания "Атомстройэкспорт" (АСЭ) осуществляет поставки на первую большую атомную электростанцию страны, включая два реактора ВВЭР-1000 (В-412), в соответствии с договором финансирования на 3 млрд. долл. Долгосрочное кредитование покрывает около половины стоимости станции. Блоки AES-92 на АЭС Kudankulam, штат Tamil Nadu, были построены корпорацией NPCIL, а также эксплуатируются и управляются NPCIL согласно гарантиям МАГАТЭ. Турбины были изготовлены на заводе Силмаш в Санкт-Петербурге. В отличие от других проектов АСЭ, например, в Иране, из руководящего персонала в работе принимало участие всего около 80 российских специалистов. Строительство началось в марте 2002 г.

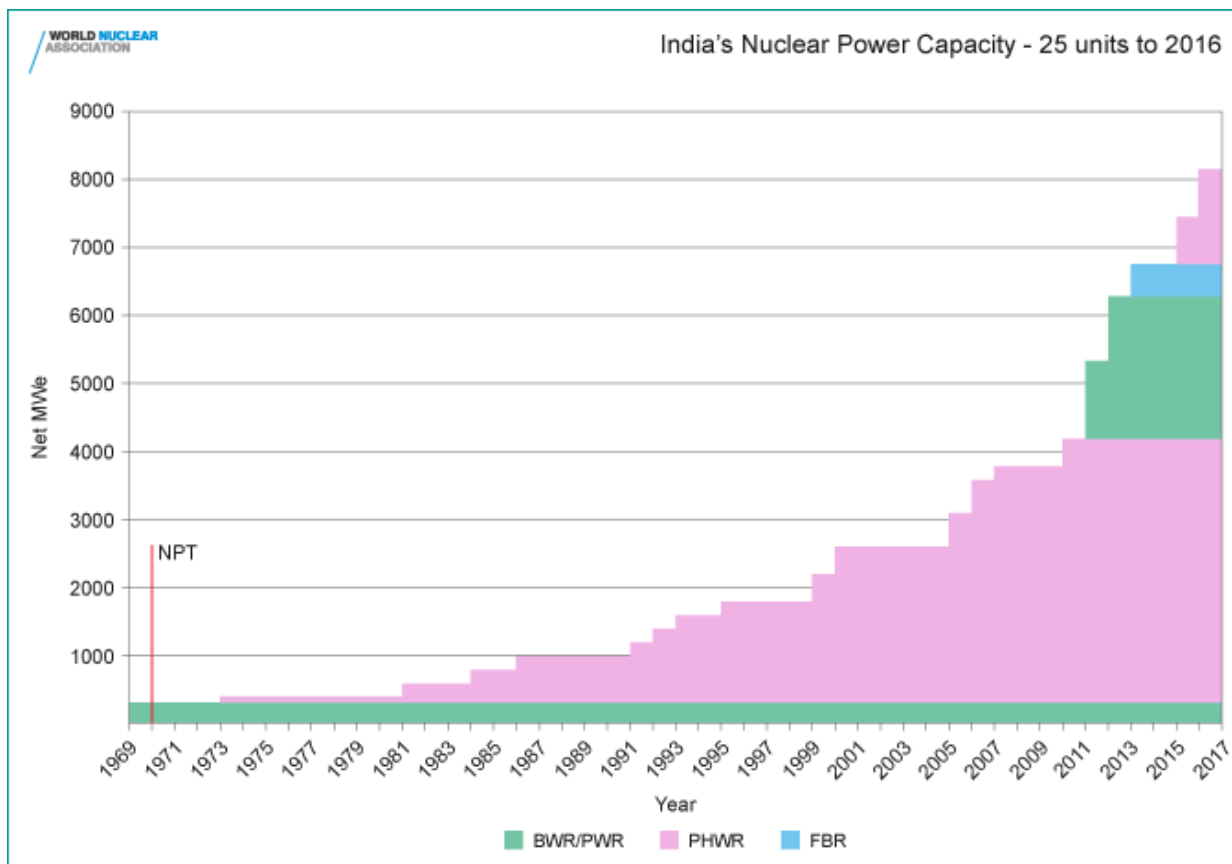


АЭС "Kudankulam", одна из крупнейших в Индии

Россия поставляет обогащенное топливо на протяжении всего периода эксплуатации станции. Индия занимается переработкой отработанного топлива, в результате чего получает плутоний. Первый блок должен был начать поставку электроэнергии в марте 2008 г. и перейти в коммерческую эксплуатацию в конце 2008 г., но этот график сместился на шесть лет. В конце 2011 г. и в 2012 г. завершение загрузки топлива было задержано из-за протестов общественности, но в марте 2012 г. правительство штата одобрило ввод станции в эксплуатацию и заявило, что будет устранять любые препятствия. Блок 1 запустили в середине июля 2013 г., а в октябре 2013 г. он был подключен к сети и начал коммерческую эксплуатацию в конце декабря 2014 г. Он достиг полной мощности через полгода, однако потребовался ремонт турбин, несмотря на то, что он произвел всего 2,8 ТВт в первый г. эксплуатации. Запуск Блока 2 планировался на апрель 2015 г. Мощность каждого из блоков составляет 917 МВт.

В начале 2008 г. произошла первая загрузка топлива в ядро ядерного реактора, в то время как поставка некоторых видов оборудования и документации задерживалась. Документацию на системы управления доставили поздно, а после ее пересмотра

комиссией NPCIL возникла необходимость доработки и даже исправления некоторых аспектов. Проектный уровень затопления составляет 5,44 м, а днище турбинного зала электростанции находится на глубине 8,1 м над средним уровнем моря. Высота волны, вызванной цунами в 2004 г., была ниже 3 м.



Ядерные мощности в Индии на 2016 г. (25 блоков)

Небольшая установка для опреснения воды сопряжена со АЭС Kudankulam и производит 426 м³/ч используя мульти-вакуумную технологию сжатия в четыре этапа (MVC). Установку обратного осмоса (RO) используют для потребностей местного населенного пункта.

Реактор Kaiga 3 был запущен в эксплуатацию в феврале, в апреле – подключен к сети, коммерческая эксплуатация началась в мае 2007 г. Блок 4 начал работу в ноябре 2010 г. и был подключен к сети в январе 2011 г., но отстал от первоначального графика примерно на 30 месяцев из-за нехватки урана. Блоки Kaiga не находятся под гарантиями ООН, поэтому не могут использовать импортный уран.

Rajasthan 5 был запущен в работу в ноябре 2009 г. с использованием импортного российского топлива, а в декабре его подключили к северной сети. RAPP 6 запустили в работу в январе 2010 г. и подключили к сети в конце марта. В настоящее время оба реактора находятся в коммерческой эксплуатации.

Внутренние гарантии Индии касательно гражданско-военного плана разделения должны находиться под управлением МАГАТЭ, и еще восемь реакторов должны быть обеспечены защитой (кроме Tarapur 1 и 2, Rajasthan 1 и 2, Kudankulam 1 и 2): Rajasthan 3 и 4 с 2010 г., Rajasthan 5 и 6 с 2008 г., Kakrapar 1 и 2 с 2012 г. и Narora 1 и 2 с 2014 г.

Атомные реакторы Индии на стадии строительства:

Статус защиты	Запуск в коммерческую эксплуатацию	Начало строительства	Контроль проектов	МВт (каждый)	Тип	Реактор
Отдельные позиции, Окт. 2009	Критично в июне 2015, скорее в 2016	Июль 2002	NPCIL	1000, 917	PWR (VVER)	Kudankulam 2
-	2015	Октябрь 2004	Bhavini	500, 470	FBR	Kalpakkam PFBR
	Июнь 2015?	Ноябрь 2010	NPCIL	700, 630	PHWR	Kakrapar 3
	Декабрь 2015?	Март 2011	NPCIL	700, 630	PHWR	Kakrapar 4
	Июнь 2016?	Июль 2011	NPCIL	700, 630	PHWR	Rajasthan 7
	Декабрь 2016?	Сентябрь 2011	NPCIL	700, 630	PHWR	Rajasthan 8
				4300 МВт		Всего (6)

Rajasthan/RAPS также известен как Rawatbhata

NPP Operating and Under Construction in India



Эксплуатируемые и строящиеся АЭС в Индии

В середине 2008 г. индийские атомные электростанции работали примерно на половину своей мощности из-за хронической нехватки топлива. Средний коэффициент нагрузки энергетических реакторов Индии опустился ниже 60% в течение 2006-2010 гг. и достиг 40% в 2008 г. После 2008 г. наступило некоторое облегчение благодаря новой мельнице Turamdih в штате Джаркханд (Jharkhand) (шахта на то время уже работала). Политическая оппозиция отсрочила запуск новых шахт в Джаркханд (Jharkhand), Мегхалая (Meghalaya) и Теленгане (Telengana).

Строительство прототипа реактора на быстрых нейтронах (PFBR) мощностью 500 МВт началось в 2004 г. на АЭС Kalpakkam недалеко от Madras. Согласно плану, запуск должен был состояться в конце 2010 г., а начало производства энергии в 2011 г., но работы по графику проходили со значительной задержкой. В марте 2015 г. строительные работы были готовы на 98%, а 1750 т натриевого охладителя загрузили в июне 2014 г. Запуск реактора должен состояться в 2015 г., а подключение к сети – в сентябре. Эксплуатация при полной мощности начнется примерно с апреля 2016 г. Реактор не подпадает под гарантии МАГАТЭ.

В отличие от ситуации в 1990-е гг., большинство строящихся реакторов в последнее время совпадало с графиком (не считая нехватку топлива в 2007-2009 гг.). Мощность первых двух реакторов Tarapur 3 и 4 немного увеличили. Эти, а также будущие реакторы, с мощностью 450 (сейчас 490) МВт были аналогом отечественных реакторов на 202 МВт. Будущие блоки PHWR будут иметь номинальную мощность 700 МВт.

В 2005 г. были утверждены четыре участка под строительство восьми новых реакторов. На АЭС Какрагар и Rajasthan будут размещены блоки PHWR местного производства мощностью 700 МВт, на Kudankulam установят реакторы ВВЭР на легкой воде мощностью 1000 МВт помимо еще двух реакторов, которые строит Россия. На четвертом участке планируют построить с нуля два реактора на легкой воде (LWR) на 1000 МВт – Jaitapur (Jaithalpur) в регионе Ratnagiri, штат Maharashtra, западное побережье Индии. В настоящее время план расширили до шести единиц сверхмощных реакторов (EPR) по 1600 МВт каждый.

В апреле 2007 г. правительство дало разрешение на строительство первых четырех из восьми запланированных единиц PHWR по 700 МВт с использованием местных технологий: Какрагар 3 и 4 и Rajasthan 7 и 8. В середине 2009 г. было подтверждено разрешение на строительство, а в конце 2009 г. было согласовано их финансирование. Работы на участке в Какрагар были завершены в августе 2010 г.

Первые бетонные работы на Какрагар 3 и 4 проводились в ноябре 2010 г. и марте 2011 г. соответственно после утверждения Советом по атомной энергии (регулированию) (Atomic Energy Regulatory Board, AERB). В августе 2010 г. AERB утвердило строительство Rajasthan 7 и 8, после чего начались работы на участке. Первые работы по бетону провели в июле 2011 г. Строительство займет около 66 месяцев до момента сдачи объекта в промышленную эксплуатацию. Ориентировочная стоимость составляет 123,2 млрд. рупий (2,6 млрд. долл). В сентябре 2009 г. L&T получила заказ на четыре парогенератора для Rajasthan 7 и 8, аналогичные были установлены на Какрагар 3 и 4. В декабре 2012 г. L&T подписала контракт на поставку вспомогательного оборудования в машинный зал АЭС Rajasthan 7 и 8 общей стоимостью 135 млн долл.

Согласно подсчетам АЕС, затраты на строительство реакторов составляет около 1200 долл. за киловатт для Tarapur 3 и 4 (540 МВт), 1300 долл./кВт для Kaiga 3 и 4 (220 МВт) и примерно 1700 долл./кВт для реакторов ТВР мощностью 700 МВт с предполагаемым сроком службы 60 лет.

В апреле 2015 г. правительство утвердило строительство новых атомных электростанций на десяти участках в девяти штатах. Местные реакторы типа ТВР (PHWR) следующие: Gorakhpur в городе Fatehabad, штат Haryana; Chutka и Bhimpur в штате Madhya Pradesh; Kaiga в штате Karnataka; Mahi Banswara в штате Rajasthan. Для атомных станций с внешним сотрудничеством утвердили следующие реакторы: Kudankulam в штате Tamil Nadu (WWER); Jaitapur в штате Maharashtra (EPR); Chhaya Mithi Virdhi в штате Gujarat (AP1000); Kovvada в штате Andhra Pradesh (ESBWR) и Haripur в штате West Bengal (WWER), хотя это место было под вопросом. Помимо перечисленных реакторов было предложено еще два реактора на быстрых нейтронах мощностью 600 МВт на атомной станции Kalpakkam.

Развитие ядерной энергетики в Индии после торговых ограничений

После заключения соглашения группой ядерных поставщиков (Nuclear Suppliers' Group) в сентябре 2008 г. для иностранных поставщиков появилась возможность поставок реакторов и топлива. Соглашения о сотрудничестве в области гражданской ядерной энергетики были подписаны с США, Россией, Францией, Великобританией, Южной Кореей, Чехией, Канадой, а также с Аргентиной, Казахстаном, Монголией и Намибией. На основании соглашения о сотрудничестве подписанного с Канадой в 2010 г., в апреле 2013 г. было подписано двустороннее соглашение о гарантиях между Департаментом по атомной энергии (DAE) и Канадской комиссией по ядерной безопасности (CNSC), согласно которому разрешается продавать ядерные материалы и технологии для объектов, находящихся под гарантиями МАГАТЭ. Аналогичное двустороннее соглашение с Австралией было подписано в 2014 г. Оба соглашения в основном касаются поставок урана.

Первые два российских реактора типа PWR на территории АЭС Kudankulam не имели отношения к трехэтапному плану Индии и служили просто для увеличения генерирующих мощностей. Сегодня существует план об установке там восьми блоков по 1000 МВт каждый. Соответствующий меморандум был подписан в январе 2007 г., согласно которому Россия построит первые четыре реактора там, а остальные – на других участках в Индии. Еще одно такое соглашение было подписано в декабре 2010 г., после чего Росатом объявил о намерении построить не менее 18 реакторов в Индии. Затем в декабре 2014 г. было подписано еще одно соглашение о ядерном сотрудничестве на высоком уровне с целью строительства Россией еще 20 реакторов, а также сотрудничества в создании российских проектов АЭС в третьих странах, в добыче урана, производстве ядерного топлива и управления отходами. Индия должна была подтвердить второе местоположение российской АЭС Haripur в штате West Bengal, поскольку на этот счет были некоторые сомнения.

Большинство новых блоков будут представлять собой увеличенную конструкцию реактора AES-2006 мощностью 1200 МВт. Как сообщалось, Россия предложила скидку в 30% для всех реакторов Kudankulam второго этапа строительства стоимостью 2 млрд. долл. каждый. Это основано на планах начать серийный выпуск реакторов для индийской атомной отрасли, предложив изготавливать большую часть оборудования и компонентов в Индии, тем самым снижая затраты.

Согласно подсчетам, строительство новых АЭС в период с 2010 по 2020 г., обеспечит общую итоговую мощность в количестве около 21180 МВт. Ядерный потенциал также частично является целью национальной энергетической политики. Плановое приращение мощностей изложено в таблице ниже, включая первый улучшенный ТВР мощностью 300 МВт (AHWR).

Помимо российских легководных реакторов, NPCIL провела встречи и обсудила ряд

технических вопросов касательно поставки реакторов и новых блоков на АЭС Kaiga с тремя крупными поставщиками реакторов: Areva, Франция, GE-Hitachi и Westinghouse Electric Co. из США.

Planned Nuclear Power Plants in India



Source: World Nuclear Association

Планируемые АЭС в Индии

В начале 2009 г. с каждым из поставщиков реакторов были заключены соглашения. Базовая сметная стоимость (стоимость капитала), предоставленная DAE на импортные единицы, котировалась на уровне 1600 долл. за киловатт. Важным аспектом всех этих соглашений является то, что, как и на АЭС Kudankulam, будет происходить переработка отработанного топлива для восстановления плутония с помощью специально построенного комплексного завода по переработке ядерных продуктов (Integrated Nuclear Recycle Plant).

В конце 2008 г. корпорация NPCIL объявила, что в 2009 г. в рамках одиннадцатого пятилетнего плана (2007-2012 гг.) она начнет строительные работы по 12 реакторам, включая остальные восемь реакторов ТВР мощностью 700 МВт, три или четыре реактора на быстрых нейтронах и один улучшенный ТВР на 300 МВт (АНWR). NPCIL отметила, что «в настоящее время Индия основное внимание уделяет расширению мощностей путем национализации совместных предприятий» и увеличению местных ресурсов в импортных (ввозимых) конструкциях до 80%. План по наращиванию мощностей включает строительство 25-30 легководных реакторов мощностью не менее 1000 МВт к 2030 г. В

период с 2007 по 2012 гг. было начато строительство только четырех единиц ТВР по 700 МВт каждая.

В начале 2012 г. прогнозы NPCIL касательно дополнительных 10,08 ГВт мощностей, ожидаемых к 2017 г. посчитали «возможными»: 4,2 ГВт PHWR, 7,0 ГВт PHWR (на основе переработанного урана), 4,0 ГВт LWR, 2,0 ГВт FBR.

В июне 2012 г. NPCIL анонсировала четыре новые площадки для двояных реакторов ТВР: в Gorakhpur/Kumbhariya возле штата Fatehabad в Haryana, на Banswada в штате Rajasthan, на Chutka в штате Mandla и на Bheempur в штате Madhya Pradesh. Сначала получают 2800 МВт, а в дальнейшем еще столько же. Строительные работы начались на участке Gorakhpur при государственной поддержке штата Haryana.

Отчет EIA об АЭС Chutka Madhya Pradesh был подготовлен в марте 2013 г., ожидаемая стоимость строительства двух блоков составляет 16550 крор рупий (2,78 млрд. долл.). Начало строительства запланировано на июнь и декабрь 2015 г., а завершение – на декабрь 2020 и июнь 2021 г.

NPCIL также планирует построить собственный ВВЭР мощностью 900 МВт, индийский водо-водяной энергетический реактор (IPWR), разработанный Центром атомных исследований имени Хоми Баба (BARC), который также проводит работы на подводных электростанциях. В настоящее время идет поиск подходящего участка под первую электростанцию, планируется также завод по обогащению урана, ковкой корпуса реактора будут заниматься Larsen & Toubro (L&T) и новое совместное предприятие NPCIL в городе Hazira, а турбину изготовит Bharat Heavy Electricals Limited (BHEL).

NPCIL также предлагает на экспорт реакторы ТВР мощностью 220 и 540 МВт для рынка, где есть необходимость в малых и средних реакторах.

Запланированные и предложенные атомные реакторы

Запуск	Начало строит-ва	Контроль проекта	МВт (каждый)	Тип	Штат	Реактор
2022	Май 2016	NPCIL	1050	AES-92	Tamil Nadu	Kudankulam 3
2023	2017?	NPCIL	1050	AES-92	Tamil Nadu	Kudankulam 4
?	2017?	NPCIL	1700	EPR x 2	Ratnagiri, Maharashtra	Jaitapur 1&2
2021, 22	Июнь 2015	NPCIL	700	PHWR x 2	Haryana (Fatehabad district)	Gorakhpur 1&2
2024	6и12/2015	NPCIL	700	PHWR x 2	Madhya Pradesh	Chutka 1&2
	2015?	NPCIL	700	PHWR x 2	Madhya Pradesh	Bhimpur 1&2
	к 2017	NPCIL	700	PHWR x 2	Rajasthan	Mahi Banswara 1&2
	к 2017	NPCIL	700	PHWR x 2	Karnataka	Kaiga 5&6
	Работы на участке,	NPCIL	1600	ESBWR x 2	Srikakulam, Andhra	Kovvada 1&2

	2016?				Pradesh	
	2016?	NPCIL	1250	AP1000 x 2	Bhavnagar, Gujarat	Mithi Viridi 1&2
	?	NPCIL	1050	AES 92 x 2	Tamil Nadu	Kudankulam 5&6
2019-20	2016?	Bhavini	500	FBR x 2	Tamil Nadu	Kalpakkam 2&3
			21,300 MWe	22 units		Subtotal planned
		NPCIL	1050-1200	PWR – AES 92 or AES-2006	Tamil Nadu	Kudankulam 7&8
	2019	NPCIL	700	PHWR x 2	Haryana (район Fatehabad)	Gorakhpur 3&4
		NPCIL	700	PHWR x 2	Bihar	Rajouli, Nawada
		NPCIL/ NTPC	1000	PWR x 2		?
2021-22	2016	NPCIL	1700	PWR – EPR	Ratnagiri, Maharashtra	Jaitapur 3&4
2017		Bhavini	500	FBR x 2	?	?
2022	2016-17	NPCIL	300	AHWR		?
		NPCIL	1600	PWR – EPR	Ratnagiri, Maharashtra	Jaitapur 5&6
				PWR 6000 MWe	Orissa	Markandi (Pati Sonapur)
2020-21	2015	NPCIL	1250	2 x AP1000	Bhavnagar, Gujarat	Mithi Viridi 3&4
		NPCIL	1600	2 x ESBWR	Srikakulam, Andhra Pradesh	Kovvada 3&4
		NPCIL	1400	6x?	Guntur, Andhra Pradesh	Nizampatnam 1-6
2019-21	2014?		1200	PWR x 4 VVER-1200	West Bengal (but likely relocated, maybe to Orissa)	Haripur 1&2
2022-23	2017		1200	PWR x 4 VVER1200	West Bengal	Haripur 3&4
		NPCIL 51%, AP Genco	1000? 700?	PWR?	Kadapa, Andhra	Pulivendula

		49%		PHWR?	Pradesh	
		BHEL- NPCIL-GE?	1400	PHWR x 2	Madhya Pradesh	Chutka 3&4
	2023-24		1250	AP1000 x 2	Bhavnagar, Gujarat	Mithi Virdi 5&6
			1600	ESBWR x 2	Srikakulam, Andhra Pradesh	Kovvada 5&6
Всего:			40,000МВт примерно	примерно 35		

Источники:

1. <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/india.aspx>
2. <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/appendices/india,-china-npt.aspx>
3. <http://www.world-nuclear.org/our-association/publications/weekly-digest/archive/archive-2017.aspx>
4. <http://www.npcil.nic.in/main/allprojectoperationdisplay.aspx>
5. <http://dae.nic.in/?q=node/168>

Подготовил А. Саликов