



Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»



Основана в 1724 году
Российская академия наук
Научный совет РАН
по системным исследованиям в энергетике



Исполнительный комитет
Электроэнергетического совета СНГ

Энергоблок с реакторной установкой БН-1200М

21 марта 2023 г. в Москве состоялось совместное заседание Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», Секции по проблемам надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета ОЭМ-МПУ РАН по системным исследованиям в энергетике и экспертов Научно-экспертного совета СНГ на тему «**Энергоблок с реакторной установкой БН-1200М**».

На заседании присутствовали очно: члены Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», члены Секции по проблемам надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике, представители НИУ МЭИ, АО «ИНТЕРМАТИК», НИКИЭТ им. Н. А. Доллежаля, АО «Прорыв», АО «Концерн Росэнергоатом», НП «КОНЦ ЕЭС», всего 16 человек.

Приняли участие онлайн: представители Минэнерго России, ПАО «ИнтерРАО», АО «СО ЕЭС», ПАО «Россети», НТЦ Россети «ФСК ЕЭС», ИСЭМ СО РАН, ПАО «РусГидро», ПАО «Россети Юг», Фирма «ОРГРЭС», АО «Техническая инспекция ЕЭС», АО «ОКБМ Африкантов», ООО «Ин Энерджи», ИНЭИ РАН, Бухарский инженерно-технологический институт, эксперты Электроэнергетического совета СНГ, АО «СО ЕЭС», ПАО «Россети», ФГБУН «ИСЭМ СО РАН», ПАО «РусГидро», АО

«ВНИИАЭС», ПАО «Россети Юг», АО «Техническая инспекция ЕЭС», ООО «Ин Энерджи», ФГБОУ ВО «КНИТУ», ИНЭИ РАН, ООО «К-Энерго», АО «Россети Тюмень», ПАО «Россети Ленэнерго», АО «Институт Гидропроект», ООО «Газпром энергохолдинг», всего 22-х организаций.

Со вступительным словом выступил Президент НП «НТС ЕЭС», руководитель Секции по проблемам надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета РАН, ректор НИУ МЭИ, доктор техн. наук, профессор **Н. Д. Роголёв**. Он отметил следующие.

За последние 30 лет мировое потребление первичной энергии выросло более чем на 60 %. При этом потребление электроэнергии в мире увеличивается в среднем в 2 раза быстрее. При общем росте энергопотребления в мире доля атомной генерации снизилась с 18 до 10 %. Однако в России атомная генерация с 1991 года выросла в 1,7 раза.

Россия является мировым лидером в ядерных технологиях, обладает полным спектром компетенций всего жизненного цикла объектов ядерной энергетики, занимает лидирующие позиции по всем переделам ядерного топливного цикла — добыче, конверсии и обогащению урана, фабрикации топлива

и переработке отработавшего ядерного топлива.

Развитие ядерной энергетики и новых ядерных технологий находится в центре внимания Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС». Так, на заседании 21 октября 2022 г. коллегия рассмотрела Стратегию развития ядерной энергетики России до 2050 г. и перспективы на период до 2100 г. (Стратегия-2021), представленную Госкорпорацией «Росатом».

На данном заседании рассмотрен доклад на тему «Энергоблок с реакторной установкой БН-1200М», подготовленный АО «Атомэнергопроект» и АО «ОКБМ Африкантов».

Информацию по данной теме представил **С. В. Егоров**, директор по науке и инновациям АО «Атомэнергопроект». С до докладом выступил канд. техн. наук **С. Ф. Шепелёв**, главный конструктор РУ БН АО «ОКБМ Африкантов».

Основные положения их выступления приведены далее.

Особенности энергоблока с РУ БН-1200М:

- используются референтные решения (освоенная машиностроительная технология: 26 лет БН-350, 42 года БН-600, 7 лет БН-800) и отработанные на стендах обновлённые конструкции оборудования и технологии монтажа РУ и ТГУ;

- по уровню безопасности атомная электростанция (АЭС) с РУ БН-1200М удовлетворяет требованиям к ядерным реакторным установкам и энергоблокам IV поколения;

- экономичность решения доказывает конкурентоспособным показателем LCOE, сопоставимым меньшим объёмом CAPEX (объём затрат) и OPEX (объём издержек) при расширяемом времени эксплуатации (ТОиР + надёжность);

- экологичность обусловлена компактно размещённым декарбонизированным производством с минимумом потребления водных и топливосодержащих ресурсов (U, H₂O, с низкими уровнями ³H-рисков), уменьшенными объёмами оборота дизельного топлива для системы автономного электроснабжения (САЭ), технологией, включающей дожигание минорных актинидов (МА).

В технологических основах конкурентоспособности отмечается:

- использование пассивных элементов теплообмена в системе безопасности (СБ), встроенных в реактор;

- использование модульности: это основа ТОиР и потенциал повышения надёжности оборудования и долговечности АЭС (сверх 60 лет);

- КИУМ ЭБ с РУ БН-1200М сопоставим с КИУМ ВВЭР (~0,91);

- КПД (брутто) для ЭБ с РУ БН-1200М выше КПД для ВВЭР для Курской АЭС-2: 43,6 против 38,0 %.

Основные показатели АЭС:

- тепловая мощность составляет 2800 МВт (потенциал — до 2870 МВт);

- электрическая мощность — 1220 МВт (потенциал — до 1250 МВт);

- электрические затраты на собственные нужды равны 6 %;

- удельный строительный объём здания реактора составляет 361,3 м³/МВт(э);

- металлоёмкость РУ — 4,5 т/МВт(э);

- срок службы равен 60 годам (потенциал — до 80 лет).

Здание реактора проекта ЭБ с РУ БН-1200М демонстрирует лучшие физические показатели:

- сокращены площадь застройки, строительный объём уменьшен относительно проектов ЭБ с РУ БН-800 и РУ БН-1200 до 440,8 тыс. м³;

- строительный объём сопоставим с проектом Ленинградской АЭС-2 (ЛАЭС-2) — 440,8 тыс. м³;

- меньший строительный объём относительно проекта Курской АЭС-2 — 536,0 тыс. м³.

Результаты ресурсного сравнения ЭБ с РУ БН-1200М и РУ типа ВВЭР ЛАЭС-2 Курской АЭС-2 и Белоярской АЭС приведены в нижней части страницы.

Выполненный объём научно-исследовательских работ в обоснование проекта ЭБ с РУ БН-1200М:

- определены детальные схемно-компоновочные и архитектурно-строительные решения основных зданий энергоблока (здания реактора и машинного зала) с представлением ведомостей объёмов работ, принципиальные схемные и компоновочные решения для вспомогательных зданий энергоблока (насосная станция, градирня, ДГУ САЭ, система водоподготовки), объекты-аналоги по прочим вспомогательным зданиям и сооружениям с обоснованием коэффициентов привязки, учитывая функции и технологические параметры;

- обосновано использование инфраструктуры ЭБ с РУ БН-800 в целях эксплуатации ЭБ с РУ БН-1200М с одновременным снижением капитальных вложений (КВЛ);

- оптимизирован генеральный план. Площадь промплощадки сокращена с 38,7 до 27,6 га, коэффициент застройки увеличен с 27,8 до 43,9 %;

- проработаны принципиальные компоновочные решения генерального плана для двухблочной АЭС с РУ БН-1200М для последующего сравнения с проектами — аналогами двухблочных АЭС;

- сформирована сметная документация для ЭБ и АЭС с РУ БН-1200М.

Показатель LCOE для ставок дисконтирования 8 и 5 %:

- для ЭБ № 5 Белоярской АЭС: 2,43 и 1,58 руб./кВтч);

- для двухблочной АЭС с РУ БН-1200М: 2,50 и 1,66 руб./кВтч);

Реакторная установка БН-1200М также имеет преимущества по сравнению с тепловым реактором (ТР) в топливообеспечении ядерной энергетической системы (ЯЭС) — снижение потребления природного урана примерно до 10 000 т за 60 лет, в окончательном решении проблемы отходов ядерного топлива (ОЯТ), трансмутации МА, достижении радеквивалентности радиоактивных отходов (РАО).

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Е. О. Адамов, научный руководитель АО «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала», доктор техн. наук, профессор; **С. Ф. Шепелёв**, главный конструктор РУ БН АО «ОКБМ Африкантов», канд. техн. наук; **А. В. Анисеев**, заведующий кафедрой АЭС НИУ МЭИ, канд. техн. наук, доцент; **Ю. П. Гусев**, заведующий кафедрой электрических станций НИУ МЭИ, канд. техн. наук, доцент; **А. М. Брянецев**, ООО «ЭСКО»; **А. Н. Роголёв**, заведующий кафедрой инновационных технологий наукоёмких отраслей НИУ МЭИ, доктор техн. наук, доцент; **В. Г. Грибин**, заведующий кафедрой паровых и газовых турбин НИУ МЭИ, доктор техн. наук, профессор; **О. А. Терешко**, ИПК «Профессионал», доктор техн. наук, профессор; **Р. М. Хазиахметов**, АО «Техническая инспекция ЕЭС», профессор НИУ МЭИ; **О. Н. Кузнецов**, доцент кафедры электроэнергетических систем НИУ «МЭИ», канд. техн. наук.

Совместное заседание отметило следующее

1. Существенное расширение использования инновационных решений и обосновывающих материалов потенциального увеличения конкурентоспособности энергоблока с РУ БН-1200М на базе ресурсных методов по сравнению с результатами 2017 г.

2. Готовность к реализации сооружения АЭС с БН-1200М:

- конкурентоспособные показатели приведённой стоимости электроэнергии на долгосрочный период (расчёты

	БН-1200М	ВВЭР*
Объём железобетона по основным зданиям ЯО и ТО, тыс. м ³ :		
ЯО	140,9	144,5
ТО	36,4	32,2
ЯО + ТО	177,3	190,9
Строительные объёмы по основным зданиям ЯО и ТО, тыс. м ³ :		
ЯО	440,8	440,8
ТО	291,1	321,0
ЯО + ТО	731,9	761,8
Ресурсное сравнение по ЭБ в целом:		
Площадь застройки, тыс. м ²	6,7	9,4
Строительный объём, тыс. м ³	895,45	1003,12
Объём железобетона, тыс. м ³	215,74	255,21
Металлоёмкость, тыс. т	69,15	85,22
Арматура (строительная), тыс. т	40,88	41,8
Металлоконструкции (строительные), тыс. т	3,43	6,82
Технологическое оборудование, тыс. т	20,04	17,68
Трубопроводы, тыс. т	3,84	4,73
Воздуховоды, тыс. т	1,03	0,64
Длина кабелей, тыс. км	3,49	3,64

* Для ВВЭР указано минимальное значение по проектам ЛАЭС-2, Курской АЭС-2, Белоярской АЭС.

выполнены для ставок дисконтирования 8 и 5 %);

- освоённая в промышленном изготовлении линейка основного оборудования;

- опробованные методы монтажных и строительных работ, не содержащих риска в реализации проектных решений, формируют неамбициозный график проведения строительно-монтажных работ в пределах 60 мес для первого энергоблока;

- лидирующий уровень (G-IV) в обеспечении безопасности АЭС (организация замкнутого ядерного топливного цикла — ЗЯТЦ, отсутствие высококого давления в I контуре, пассивность СБ, отказ от использования воды в качестве теплоносителя).

3. Готовность проекта БН-1200М для предложения на мировом рынке ядерной генерации с учётом следующих обстоятельств:

- сохранение экспортных позиций Росатома возможно только с переходом на РБН, затем на промышленные энергокомплексы (ПЭК), включающие также и объекты ЗЯТЦ;

- РБН решают проблемы ядерного топливного цикла (ЯТЦ) в части выжигания МА, окончательного решения проблемы ОЯТ и обеспечения неограни-

ченных ресурсов сырья, обладая при этом новым уровнем «естественной» безопасности (со смешанным нитридным уран-плутониевым ядерным топливом — СНУП-топливом с учётом экспериментально обоснованного уровня максимального выгорания — 9 %).

- Возможность освоения принципиально новой услуги на рынке атомной энергетики с использованием РБН и ЗЯТЦ: обеспечение выжигания минорных актинидов, в том числе из отработанного ядерного топлива в тепловых реакторах (ОЯТ ТР).

4. Сохранение площадки Белоярской АЭС как одного из генерирующих филиалов РЭА с приемлемой экономической после неизбежного вывода из эксплуатации БН-600.

5. Показатель LCOE для БН-1200М ниже уровня тарифа для БН-800 (с учётом ДПМ) и сопоставим с ВВЭР-ТОИ, но не соответствует требованиям сокращения на 15 %, обеспечения конкурентоспособности с альтернативной генерацией. Следует предпринять дополнительные меры в период выполнения проектных и строительно-монтажных работ по снижению стоимости сооружения объекта.

Совместное заседание решило

Рекомендовать Минэнерго России, Минэкономразвития России и другим заинтересованным министерствам и организациям учитывать при разработке и актуализации документов стратегического развития в области развития энергетики:

- расширение использования новых технических решений и увеличение конкурентоспособности энергоблока с РУ БН-1200М на базе ресурсных методов;

- готовность к реализации сооружения АЭС с БН-1200М;

- готовность проекта БН-1200М для предложения на мировом рынке ядерной генерации.

В. В. МОЛОДУК
первый заместитель Председателя
Научно-технического совета НП
«НТС ЕЭС», доктор техн. наук,
профессор
Я. Ш. ИСАМУХАМЕДОВ
учёный секретарь
Научно-технического совета
НП «НТС ЕЭС»
канд. техн. наук

Вышел в свет

журнал «Библиотечка электротехника» — приложение к журналу «Энергетик»
Выпуск 7 (295) 2023 г.

ПЕРМИНОВ Э. М.

РОССИЙСКАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА. ИСТОРИЯ. СОСТОЯНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ

Одним из важнейших направлений возобновляемой энергетики является ветроэнергетика, которая по различным оценкам может обеспечить до 50 % и более перспективного энергопотребления. Поэтому интерес к проблемам развития ветроэнергетики во всём мире достаточно высок.

Данный материал — попытка коротко оценить историю, состояние и перспективы развития мировой и отечественной ветроэнергетики, показать этапы развития, роль отечественной и отраслевой науки, возможности отечественной производственной базы и пути её совершенствования

При реструктуризации и реорганизации отечественной экономики были в значительной мере разрушены научно-конструкторские структуры и отечественное энергомашиностроение, радиоэлектроника, приборостроение и другие отрасли, на которых базируются НВИЭ, в частности ветроэнергетика. Потенциал ветроэнергетики, как и других «нетрадиционных» для российской энергетики НВИЭ, пока востребован не в полной мере, хотя в принципе они позволяют решить многие энергетические проблемы. Это связано и с тем, что сложившийся на оптовом рынке электроэнергии уровень цен ниже себестоимости генерации электроэнергии на основе НВИЭ. Это особенно важно при решении вопросов децентрализованного энергоснабжения России с её обширной территорией, слабо развитой инфраструктурой и самым суровым в мире климатом, где по разным оценкам от 50 до 70 % территории не имеют надёжного гарантированного энергообеспечения. Вопросы успешного эффективного развития НВИЭ, в том числе ветроэнергетики, должны стать важнейшими задачами уже ближайшего будущего, и, как показано в последние годы, положительные шаги в этом направлении предпринимаются. При этом надо понимать, что НВИЭ не являются альтернативой «традиционной большой» энергетике, а дополняют её, занимая свою совершенно определённую нишу, которая будет расширяться.

По вопросам приобретения обращаться в редакцию
к Давыденко Елене Иосифовне +7 495 234-74-21

