

**Результаты оценки
коммерческой эффективности и конкурентоспособности проекта АС с
энергоблоком БНГТ-300 на предпроектной стадии**

Будылов Е.Г., Вербицкий А.Г., Тревгода М.М.

502

ВВЕДЕНИЕ

Проведение оценок технико-экономических показателей (ТЭП) проекта или проектируемых изделий на всех стадиях проектирования соответствует требованиям ГОСТов на: техническое предложение, эскизный и технический проекты. Результаты таких оценок могут быть признаны новыми или инновационными только потому, что они относятся к новым/инновационным объектам техники или при этом использовались новые инструменты для исследования ТЭП предлагаемых образцов техники.

Целью настоящей работы в рамках оценки ТЭП является определение показателей коммерческой эффективности и конкурентоспособности проекта разработки, сооружения и эксплуатации одноблочной атомной станции (АС) с энергоблоком БНГТ-300.

В процессе определения основных интегральных показателей эффективности проекта, выполняемых с соблюдением требований Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов (1) предполагается, также, определение и показателей конкурентоспособности АС как субъекта на рынке продуктов энергетики:

- эквивалентной себестоимости (СС) электроэнергии, включая, при необходимости, определение себестоимостей отдельных продуктов АС: электроэнергии, мощности и тепловой энергии теплофикационных параметров (2);

- эквивалентного справедливого отпускного тарифа (СОТ), включая, при необходимости, определение отпускных тарифов тех же продуктов (2).

СОТ является внутренне присущим свойством проекта, т. к. определяется на основе вариантных (итерационных) вычислений относительного дисконтированного срока окупаемости (ОДСО) проекта в зависимости от относительного эквивалентного отпускного тарифа (ОЭОТ) на электроэнергию и соответствует точке, в которой первая производная функции $ОДСО=f(ОЭОТ)$ равна «-1» (3), (4).

Применение инструмента СОТ иллюстрируется рисунком 1, на котором оси X и Y имеют значения: ось X - $ОЭОТ = \frac{ЭОТ}{ЭОТНД}$, где ЭОТ - эквивалентный отпускной тариф на электроэнергию, а ЭОТНД - эквивалентный отпускной тариф нулевой доходности на электроэнергию; ось Y - $ОДСО = \frac{ДСО_{ЭОТ}}{ДСО_{ЭОТНД}}$, где $ДСО_{ЭОТ}$ - дисконтированный срок окупаемости для текущего значения эквивалентного отпускного тарифа на электроэнергию, $ДСО_{ЭОТНД}$ - дисконтированный срок окупаемости при эквивалентном отпускном тарифе нулевой доходности.

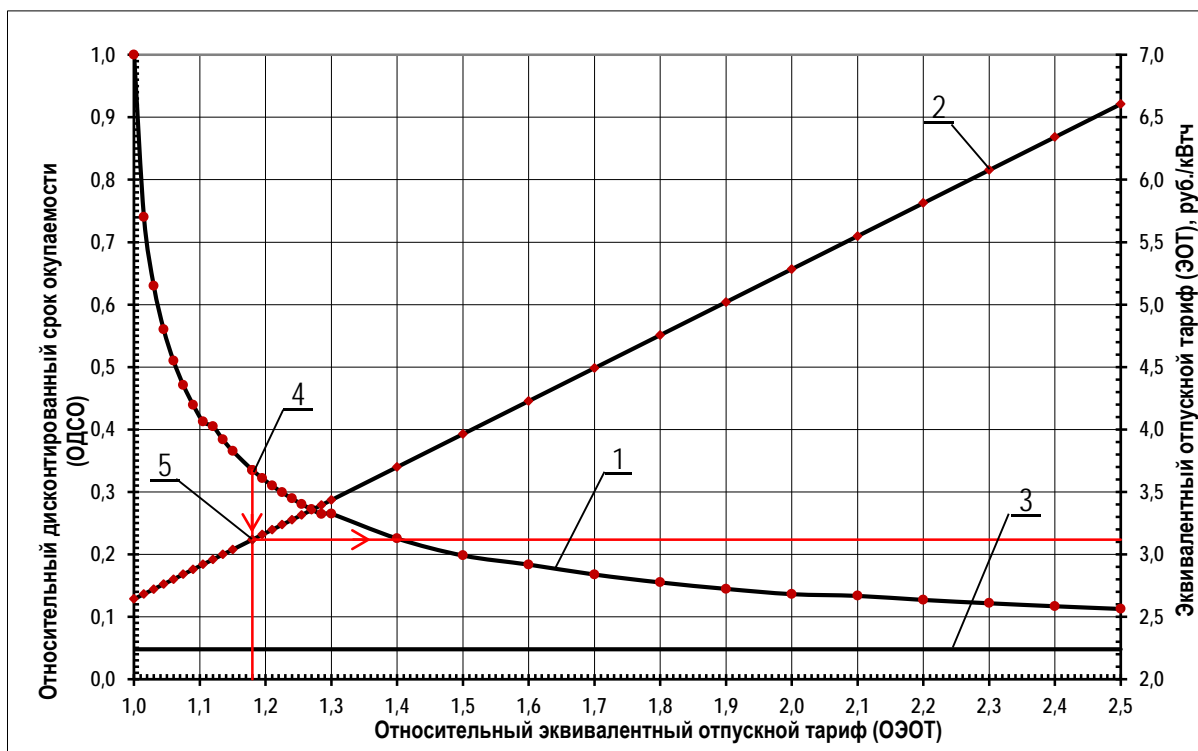


Рисунок 1 Графики: 1 – $ОДСО = f(ОЭОТ)$; 2 – $ЭОТ = f(ОЭОТ)$;
 3 – предельное значение функции $ОДСО = f(ОЭОТ)$;
 4 – точка, в которой первая производная функции $ОДСО = -1$;
 5 – значение эквивалентного $ЭОТ = 3,12$ руб./кВтч для наименьших капзатрат.

ЭОТ гарантировано обеспечивает положительную доходность проекта и паритетные отношения между производителем и покупателем продуктов АС, а также конкурентоспособность АС такой же или иной мощности, если ЭОТ конкурирующих проектов АС окажутся выше. Поэтому он является наиболее простым инструментом сравнения на всех стадиях разработки конкурирующих энергоблоков, включая энергоблоки различных мощностей.

Роль реакторов на быстрых нейтронах в устойчивом развитии ядерной энергетики известна. Применение быстрого натриевого реактора в сочетании с газотурбинным энергопреобразователем замкнутого контура и сложного термодинамического цикла (БНГТ-300) позволит перейти к промышленному производству основных блоков оборудования (реактор, теплообменник натрия – газ, упомянутый газотурбинный энергопреобразователь), обеспечить доставку блоков в полной заводской готовности к месту сооружения АС, в том числе, железнодорожным транспортом с его габаритными ограничениями.

ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОБЛОКА

Первые упоминания об энергоблоке БНГТ-300 в информационных источниках относятся к 2004 г. (5) в журнале «Тяжёлое машиностроение» и на Международной научно-практической конференции «Малая энергетика» (6) и (7).

В 2005 г. на Международной научно-практической конференции «Малая энергетика» представлено предварительное сравнение концепций модульных АС малой и средней мощности, включая и АС с энергоблоком БНГТ-300 (8).

В 2006 г. информация о БНГТ-300 представлена в буклете отраслевого инновационного форума Росатома.

В 2007 г. опубликовано описание энергоблока БНГТ-300 в формате МАГАТЭ (9).

В 2007 г. выполнена дальнейшая проработка проекта АС с энергоблоком БНГТ-300 в кооперации организаций: «ГНЦ РФ-ФЭИ» - научный руководитель, «СПб «Атомэнергопроект» - генеральный проектировщик, «ОКБМ» - главный конструктор энергоблока, «Салют» - главный конструктор и изготовитель газотурбинного энергопреобразователя. Результаты указанной проработки в части схемного решения защищены евразийским патентом (10). Предложенное схемное решение (быстрый натриевый реактор в сочетании с газотурбинным энергопреобразователем замкнутого контура и сложного термодинамического цикла) обеспечивает наибольшую электрическую мощность реакторного блока 300 МВт, допускаемого к перевозке железнодорожным транспортом по габаритным ограничениям.

Возможности энергоблока в части маневренности мощностью для отслеживания нагрузки в сети защищены патентом (11). Указанный патент распространяется и на энергоблоки с тяжёлым жидкометаллическим теплоносителем и аналогичным газотурбинным энергопреобразователем, уровень теплонапряжённости активной зоны которых обеспечивает низкие амплитуды термокачек твэлов при манёврах мощностью.

И, наконец, в 2015 г. подготовлен проект технического задания (ТЗ) на научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу «Разработка проекта блочно-транспортного атомного энергоблока с быстрым натрийохлаждаемым реактором и газотурбинным преобразователем мощностью 300 МВт(э) для АС четвёртого поколения». В дополнение к техническому заданию подготовлен материал технической справки по оценке коммерческой эффективности и конкурентоспособности указанной АС, используемый в настоящем докладе.

ЦЕЛИ

Как уже указывалось выше, целью исследования ТЭП одноблочной АС с энергоблоком БНГТ-300 является определение, как показателей коммерческой эффективности, так и показателей конкурентоспособности АС. Применение инструмента COT в оценке коммерческой эффективности по умолчанию обеспечивает положительные значения NPV и приемлемые значения других основных интегральных показателей эффективности: IRR, PI, DPBP, RBP. Поэтому основной целью исследования является определение показателей конкурентоспособности: эквивалентных себестоимости электроэнергии и COT, определяемых в процессе вариантных вычислений относительного дисконтированного срока окупаемости в зависимости от относительного эквивалентного отпускного тарифа на электроэнергию ($ОДСО=f(ОЭОТ)$).

Другой целью исследования ТЭП одноблочной АС с энергоблоком БНГТ-300 является оценка влияния на перечисленные показатели конкурентоспособности размеров капитальных затрат, затрат на содержание персонала, стоимости активной зоны и других наиболее значимых статей структуры себестоимости, а также ставки дисконтирования. Однако, в связи с ограничением объема представляемого материала предполагается рассмотреть только влияние капитальных затрат на указанные показатели.

ПОДРОБНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка ТЭП АС с энергоблоком БНГТ-300 выполнена в постоянных ценах, т. к. прогнозные данные по инфляции на срок проекта 60 лет не могут быть достоверными.

При необходимости, в соответствии с методикой, изложенной в работе (12), может быть выполнена оценка допустимого уровня инфляции, до которого при её неизменном темпе по годам проект будет иметь положительную доходность, т. е. $NPV \geq 0$.

Расчёты выполнены в ценах 4 квартала 2014 г. Средний курс доллара США за указанный период - 47,4243 руб./\$.

ЭНЕРГОБЛОК

Основные технико-экономические характеристики АС с энергоблоком БНГТ-300, представленные в таблице, приняты по результатам предварительных оценок, включённых в упомянутое выше ТЗ.

Основные технико-экономические характеристики АС БНГТ-300

Тепловая мощность, МВт	840
Установленная электрическая мощность (брутто), МВт	304
Установленная электрическая мощность (нетто), МВт	300
Электрический к.п.д., %	36,2
Мощность теплофикационная в 1КГР (нетто):	300
Гкал/ч	258
КИУМ, %	95
Годовая выработка	2 529,9
электроэнергии, ГВтч	
теплофикационной энергии, тыс. Гкал	2 175,3
Доля потребления мощности на собственные нужды, %	
электроэнергии	1,3
теплофикационной энергии	1,3
Годовой отпуск потребителям:	2 496,6
электроэнергии, ГВтч	
теплофикационной энергии, тыс. Гкал	2 146,7
Срок службы энергоблока, лет	60
Срок службы активной зоны, лет	5
Число загрузок активными зонами	12
Объём отпуска за 60 лет:	149 796,0
электроэнергии, ГВтч	
теплофикационной энергии, тыс. Гкал	128 801,4
Масса ^{235}U в активной зоне, кг	3 350
Масса обогащённой UO_2 в активной зоне, кг	19 000
Среднее обогащение ядерного топлива по ^{235}U , %	17,6

Оценка объёма рынка сбыта энергетического оборудования такой мощности может быть выполнена на основе, например, известного европейского норматива потребления

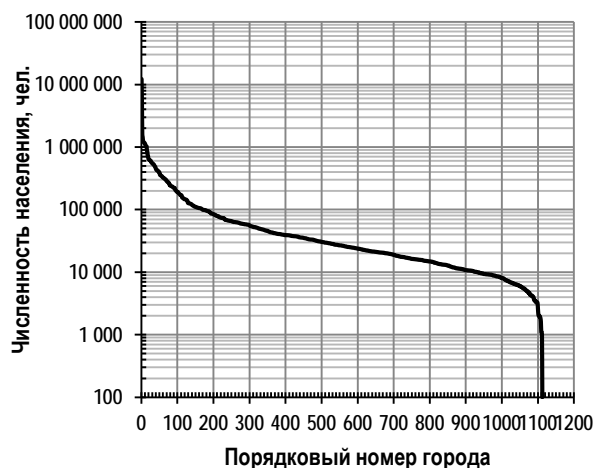


Рисунок 2 Численность населения городов

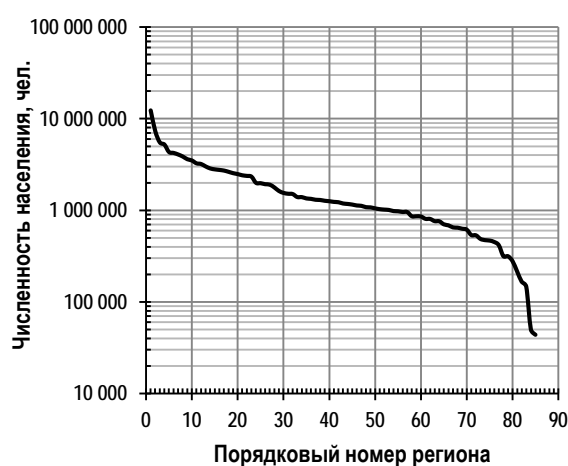


Рисунок 3 Численность населения регионов

энергии 4 toe/capita/year, что соответствует $\sim 0,842$ кВт(э)/чел. При указанной норме потребления электроэнергии только населением АС с энергоблоком БНГТ-300 обеспечит потребности ~ 356 тыс. чел. Если до половины мощности потребят производства, то обеспечиваемая численность населения составит ~ 178 тыс. чел. В этом диапазоне численности населения в городах России имеется только 57 городов (13) (см. рисунок 2). Регионов с такой численностью населения - только 4 (см. рисунок 3). Большая часть городов России ~ 69 % имеет численность населения от 10 до 100 тыс. чел. Более 100 тыс. чел. - ~ 16 %, менее 10 тыс. чел. - ~ 15 %.

Ядерные энергоблоки с газотурбинным энергопреобразователем работают только в когенерационном режиме (КГР). В 1 когенерационном режиме (1КГР) отпуск попутной тепловой энергии теплофикационных параметров производится без снижения установленной электрической мощности. В 1КГР полезное использование тепловой мощности ядерного энергоблока может достигать ~ 72 %.

Во 2 когенерационном режиме (2КГР) - с некоторым снижением установленной электрической мощности за счёт снижения электрического к.п.д. с 36,2 % до ~ 30 %. При этом в 2КГР полезное использование тепловой мощности ядерного энергоблока может достигать ~ 92 %.

В 3 когенерационном режиме (3КГР) отпускается потребителю только высокопотенциальное тепло (до 500°C) с общим тепловым к.п.д. ~ 92 %.

Исходя из норматива потребления тепла теплофикационных параметров, например, для такого холодного региона России, как Республика Саха (Якутия) $\sim 0,906^1$ Гкал/чел. (14), можно определить реальную долю потребления тепла населением в границах объёма теплофикационной мощности 1КГР. Оказывается, что доля тепловой энергии теплофикационных параметров, реально потребляемой населением, составит ~ 15 % от предоставляемой АС с энергоблоком БНГТ-300 в 1КГР. Поэтому, вопреки мнению некоторых авторов, и для атомной энергетики важно иметь высокий к.п.д., чтобы уменьшить тепловое засорение окружающей среды.

Поскольку отопительный сезон на европейской части России обычно длится от 5 до 7 месяцев, ядерные энергоблоки с газотурбинным энергопреобразователем работают в комбинированном режиме, реализуя в летние месяцы, преимущественно, только электроэнергию, а в отопительный сезон реализуют и электроэнергию, и тепловую энергию теплофикационных параметров.

Применительно к настоящим оценкам эффективности проекта АС с энергоблоком БНГТ-300 учитывается отпуск только попутной теплофикационной энергии в 1КГР, т. е. без снижения установленной электрической мощности. При этом доля тепловой энергии теплофикационных параметров в отопительный сезон составляет ~ 50 % от общего объёма энергии, отпускаемой потребителям.

В летние месяцы сбыт тепловой энергии если и возможен, то только в ограниченном объёме, поэтому в оценках эффективности условно принято, что попутное тепло 1КГР сбрасывается на градирню. При этом предполагается, что отопительный сезон длится 7 месяцев (с октября по апрель), поэтому в 1КГР АС работает в течение 5 088 часов, а остальные 3 672 часа работает в режиме отпуска только электроэнергии.

¹ - 0,05032 Гкал/м² - средний норматив потребления тепла для 1 этажей. 18 м²/чел. - социальная норма жилья в республике Саха (Якутия)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Ограничения на объём представляемого материала в настоящем исследовании заставляет отказаться от обсуждения и выбора исходных данных и перейти непосредственно к результатам исследования, причём в ограниченном объёме. Приведены только результаты исследования влияния капитальных затрат на показатели конкурентоспособности.

Для проекта одноблочной АС с энергоблоком БНГТ-300 выполнена оценка коммерческой эффективности и конкурентоспособности при 4-х вариантах капзатрат в диапазоне 2,4÷9,5 тыс. \$/кВт установленной мощности. При этом стоимость активной зоны, годовые расходы на персонал, включая страховые начисления, показатели экономического окружения, ставка дисконтирования 8 % годовых, расходы на охрану труда, расходы на обращение с ОЯТ остаются неизменными для всех вариантов капзатрат.

Рост капитальных затрат влечёт за собой рост таких статей себестоимости, как: амортизационные отчисления, расходы на ремонт и техническое обслуживание, на услуги сторонних организаций, а также всего прочих расходов ввиду специфики их вычислений пропорционально капзатратам. Рост отчислений в резервы на обеспечение безопасности обусловлен ростом эквивалентного СОР, который растёт по мере роста капитальных затрат, обеспечивая положительные показатели эффективности вариантов проекта по капзатратам.

Результаты оценки показателей конкурентоспособности: эквивалентные СОР, ОТНД, СС для 4-х вариантов капзатрат представлены на рисунке 4.

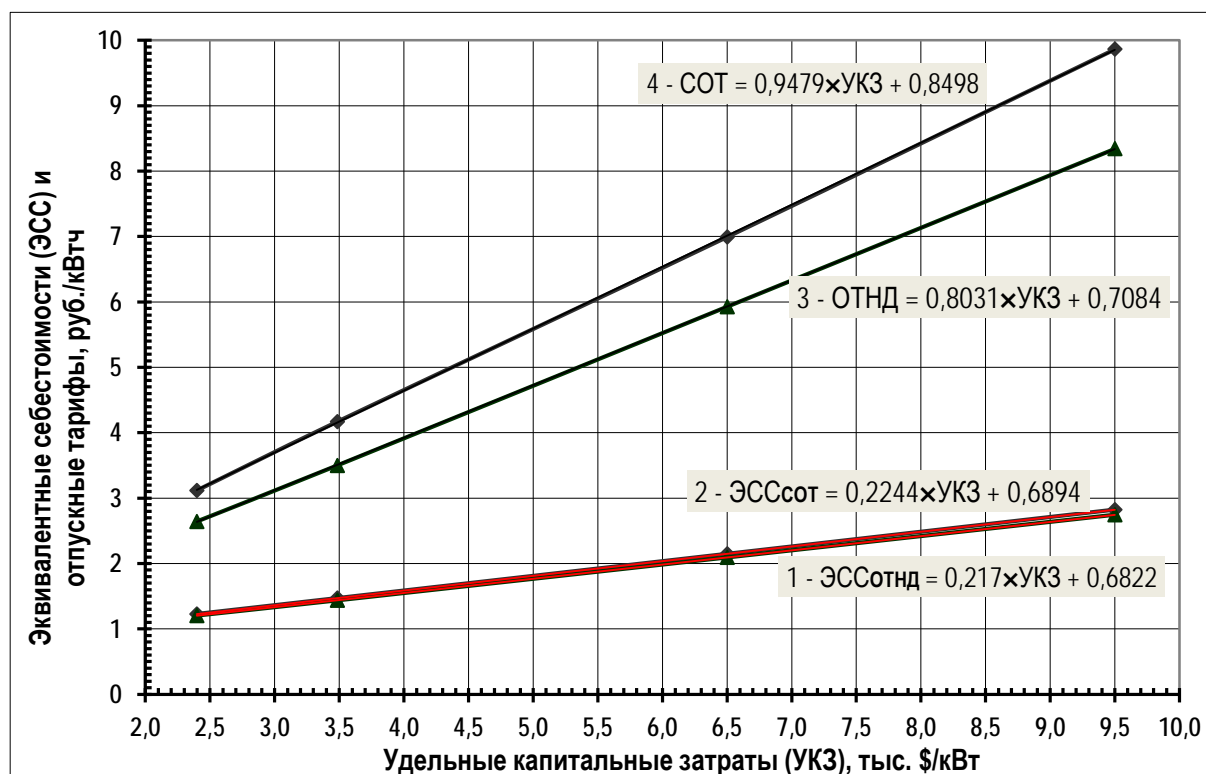


Рисунок 4 Зависимости эквивалентных себестоимостей и отпускных тарифов от капитальных затрат:

- 1 – эквивалентная себестоимость при нулевой доходности проекта;
- 2 – эквивалентная себестоимость при СОР;
- 3 – эквивалентный отпускной тариф нулевой доходности;
- 4 – эквивалентный справедливый отпускной тариф.

Все представленные на рисунке 4 показатели имеют линейную зависимость от удельных капитальных затрат (УКЗ). Формулы для определения их значений в диапазоне удельных затрат 2,4÷9,5 тыс. \$/кВт представлены на рисунке 4.

Сроки окупаемости рассматриваемых 4 вариантов по затратам имеют значения в диапазоне ~21÷23 года с дисконтированием и ~12 лет без дисконтирования.

В указанном диапазоне капитальных затрат эквивалентная себестоимость, соответствующая СОР, имеет значения в диапазоне 1,23÷2,82 руб./кВтч, эквивалентный отпускной тариф нулевой доходности - 2,64÷8,34 руб./кВтч, эквивалентный справедливый отпускной тариф - 3,12÷9,86 руб./кВтч. Значения указанных тарифов даны с НДС.

Разность между текущими эквивалентными значениями СОР и СС, увеличивающаяся с ростом удельных капитальных затрат пропорциональна прибыли, необходимой для обеспечения приемлемых интегральных показателей эффективности и указанных сроков окупаемости.

Как известно, на Российском оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) принято выделять ценовые и неценовые зоны (15). Существуют две ценовые зоны, на карте (рисунок 5) они отмечены цифрами 1 и 2.



Рисунок 5 Ценовые и неценовые зоны ОРЭМ на территории РФ

Первая ценовая зона – это территория Европейской части России и Урала. Вторая ценовая зона – это Сибирь. К неценовым зонам относятся территории отмеченные цифрами 3, 4 и 5. В ценовых зонах имеются территории, для которых устанавливаются особенности функционирования оптового и розничного рынков. На

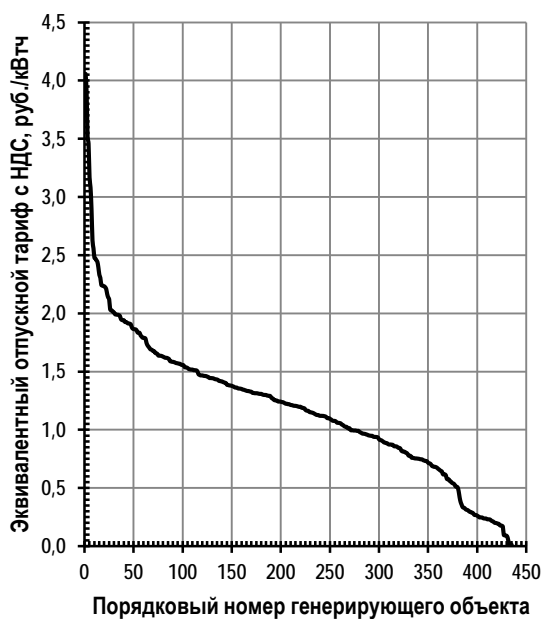


Рисунок 6 В ценовых зонах

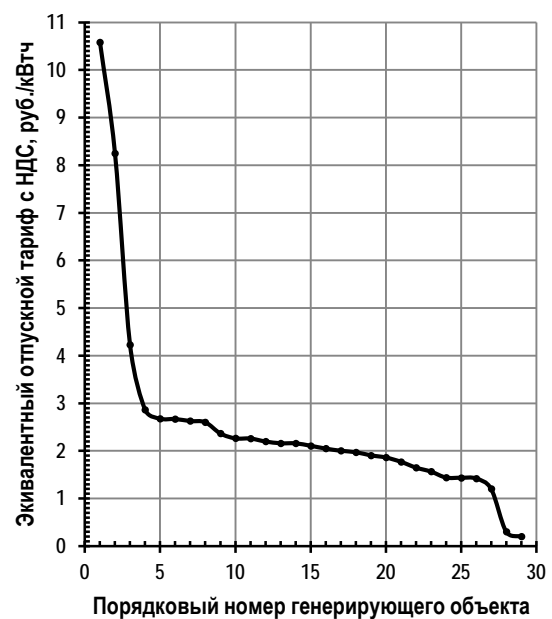


Рисунок 7 В неценовых зонах

этих территориях и в неценовых зонах применяются регулируемые тарифы.

На фигуре 6 показаны значения эквивалентных отпускных (поставочных) тарифов генерирующих объектов, установленные Федеральной антимонопольной службой Российской Федерации на 2016 г. в отдельных частях ценовых зон (16).

На рисунке 7 показаны значения эквивалентных отпускных тарифов генерирующих объектов, установленные Антимонопольной службой Российской Федерации на 2016 г. для неценовых зон (17).

Представленные графики позволяют отметить, что 9 генерирующих объектов как на отдельных территориях ценовых зон, так и в неценовых зонах поставляют электроэнергию по эквивалентным отпускным тарифам от 3 до 11 руб./кВтч, в то время как АС с энергоблоком БНГТ-300 имеет значения эквивалентного СOT 3,12÷9,86 руб./кВтч во всём исследуемом диапазоне удельных капитальных затрат от 2,4 до 9,5 тыс. \$/кВт установленной мощности.

Во всём мире энергетическая отрасль имеет большое социальное значение и потому она во многих случаях субсидируется правительствами.

Примером этого может служить Великобритания, правительство которой 21.10.2013 г. заключило соглашение с компанией EDF по строительству двух блоков с реакторами EPR на площадке Hinkley Point.

В рамках этого соглашения правительство Великобритании гарантирует выкуп электроэнергии от блоков в течение 35 лет по цене до 92,5 £/МВтч (150 \$/МВтч или 15 \$cent/кВтч), «что более чем вдвое превышает текущие тарифы» (18).

Структура эквивалентной себестоимости одноблочной АС с энергоблоком БНГТ-300 для крайних значений удельных капзатрат имеет вид, представленный на рисунке 8:

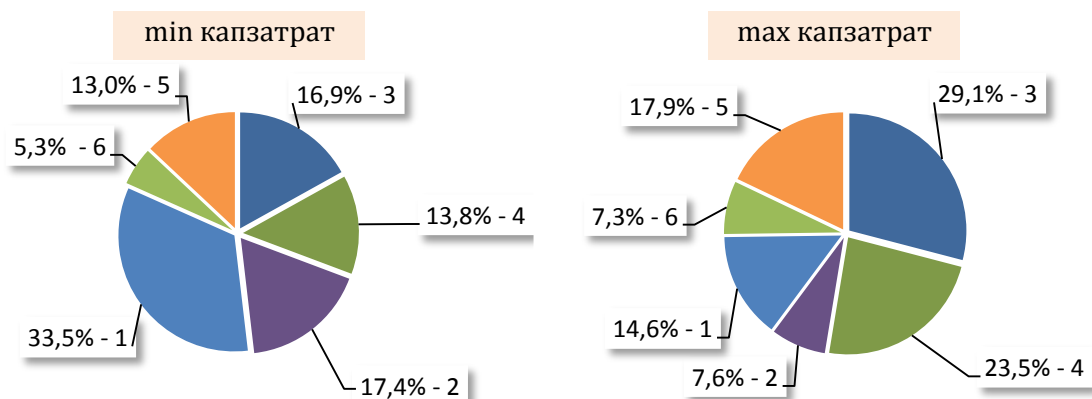


Рисунок 8 Расходы: 1 – на топливо; 2 – на персонал; 3 – амортизационные отчисления; 4 – на ремонты и техническое обслуживание; 5 – налоги и отчисления в резервы; 6 – прочие расходы.

При неизменных абсолютных значениях расходов на топливо и персонал рост капитальных затрат увеличивает амортизационные отчисления (сектор 3). Расходы на ремонт и техническое обслуживание (сектор 4), прочие расходы (сектор 6) увеличиваются вследствие специфики их оценки пропорционально капитальным затратам. Налоги и отчисления в резервы (сектор 5) растут в основном за счёт отчислений в резервы, т. к. они определяются пропорционально выручке или эквивалентному СOT, рост которого с ростом капзатрат обеспечивает положительную доходность и конкурентоспособность АС.

ВЫВОДЫ

Предложенное схемное решение энергоблока БНГТ-300 имеет следующие преимущества:

- в условиях ограничения габаритов при транспортировании по железной дороге блоков оборудования в заводской готовности обеспечивается наибольшая электрическая мощность 300 МВт;
- отсутствие промежуточного натриевого контура уменьшает как габариты оборудования энергоблока, так и его металлоемкость и, следовательно, его стоимость;
- отсутствуют капитальные затраты на технологию водоподготовки для 2 контура энергоблока;
- относительно низкая энергонапряжённость активной зоны обеспечивает как 5 летний срок её эксплуатации с набором выгорания до 10 % по ^{235}U , так и возможность манёвра мощностью без снижения к.п.д, что обеспечивается применением указанного типа энергопреобразователя.

Энергоблоки БНГТ-300 в бóльшей степени подходят для энергетики большой мощности в составе, например, 4 блочной АС. Снижение электрической мощности единичного энергоблока, например, до 50 МВт в составе 4 блочной АС позволит увеличить срок службы активной зоны до 20 лет, отказаться от её принудительного охлаждения в пользу естественной циркуляции, обеспечить бесперебойность энергоснабжения и расширить рынок сбыта.

Результаты оценки коммерческой эффективности и конкурентоспособности показывают, что одноблочная АС с энергоблоком БНГТ-300 может быть конкурентоспособной с 3 генерирующими объектами на территориях неценовых зон во всём исследованном диапазоне капитальных затрат и с 6 генерирующими объектами на особых территориях ценовых зон, если удельные капитальные затраты на её сооружение не превысят 3 400 \$/кВт установленной мощности.

Применительно к зарубежному рынку энергетического оборудования БНГТ-300 может составить конкуренцию энергоблокам EPR на площадке Hinckley Point, если удельные капитальные затраты на её сооружение не превысят 6 600 \$/кВт установленной мощности.

ПЛАН ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По мнению авторов, энергоблок БНГТ-300 в большей степени применим в энергетике средних или больших мощностей, чем в энергетике малых мощностей по классификации МАГАТЭ. Кроме того, для получения экспериментального подтверждения о работоспособности схемного решения энергоблока имеется возможность ограничиться экспериментами на неядерном стенде «ГНЦ РФ-ФЭИ» с последующим выполнением технического предложения одноблочной АС малой мощности не более 10 МВт(э).

Список литературы

1. Официальное издание, вторая редакция. *Методические рекомендации по оценке эффективности инновационных проектов*. Москва : Экономика, 2000.
2. Будылов, Е. Г. Методика расчёта себестоимостей и отпускных тарифов на продукты энергетики с позиций энергетического баланса. *Препринт ФЭИ-3218*. Обнинск, Калужская обл., Россия : АО "ГНЦ РФ-ФЭИ", 2012 г.

3. *К определению справедливого отпускного тарифа*. Будылов, Е. Г., Ошейко, Ю. В. и Тревгода, М. М. Москва : ОАО "Малая энергетика", 2005. Материалы МНПК "Малая энергетика-2005". стр. 201-207.
4. *Справедливый отпускной тариф – инструмент сравнения и обеспечения конкурентоспособности энерготехнологий*. Будылов, Е. Г., Ошейко, Ю. В. и Тревгода, М. М. Москва : ОАО "Малая энергетика", 2006. Материалы МНПК "Малая энергетика-2006". стр. 311-318.
5. *О некоторых условиях коммерциализации проектов атомной энергетики на примере АТЭС БНГТ-300/100*. Будылов, Е. Г., и др., и др. Москва : б.н., Декабрь 2004 г., Ежемесячный журнал "Тяжёлое машиностроение".
6. *Блочно-транспортная атомная теплоэлектростанция с быстрым натрийохлаждаемым реактором и газотурбинным энергопреобразователем мощностью 300 МВт (э) и 100 МВт для теплофикации. Особенности и конкурентные преимущества*. Будылов, Е. Г., и др., Москва : ОАО "Малая энергетика", 2004. Материалы МНПК "Малая энергетика-2004". стр. 156-158.
7. *О некоторых условиях коммерциализации проектов атомной энергетики и экономической целесообразности сооружения АЭС очень малой мощности на примере проекта АТЭС БНГТ-300/100*. Будылов, Е. Г., Ошейко, Ю. В. и Тревгода, М. М. Москва : ОАО "Малая энергетика", 2004. Труды МНПК "Малая энергетика-2004". стр. 174-176.
8. *Предварительное сравнение концепций модульных АС малой и средней мощности*. Будылов, Е. Г., Ошейко, Ю. В. и Тревгода, М. М. Москва : ОАО "Малая энергетика", 2005. Материалы МНПК "Малая энергетика-2005". стр. 163-173.
9. АО "ГНЦ РФ-ФЭИ". TRANSPORTABLE MODULAR SODIUM COOLED REACTOR WITH GAS-TURBINE GENERATOR (BN GT-300). IAEA-TECDOC-1536 "Status of Small Reactor Designs Without On-Site Refuelling". Vienna, Austria : IAEA, 2007 г. стр. 504-508.
10. Тревгода, М. М., и др., *Энергоблок атомной электростанции и способ его эксплуатации*. Патент № 010962 Россия, 28 ноябрь 2007 г.
11. Тревгода, М. М., Будылов, Е. Г. и Ошейко, Ю. В. *Ядерный энергоблок и способ маневра его мощностью*. Патент № 2502143 Россия, Март 5, 2012.
12. Будылов, Е. Г. Критерий нулевой доходности в оценках эффективности инновационных проектов. *Препринт ФЭИ-3163*. Обнинск, Калужская обл., Россия : АО "ГНЦ РФ-ФЭИ", 2009 г.
13. Численность постоянного населения городов и регионов России на 01.01.2016. *Вэб-сайт Народная энциклопедия городов и регионов России "Мой город"*. [В Интернете] [Цитировано: 7 декабрь 2016 г.] http://www.mojgorod.ru/cities/pop2016_3.html.
14. Правительство Республики Саха (Якутия). Постановление от 13.10.2012 г. № 446 «Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг». *Вэб-сайт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации*. [В Интернете] 28 июль 2016 г. [Цитировано: 8 декабрь 2016 г.] <http://docs.cntd.ru/document/460157984>.
15. Энерго консультант. Оптовый рынок электроэнергии и мощности. *Вэб-сайт Энерго консультант, интернет-портал потребителей электроэнергии*. [В Интернете] [Цитировано: 9 декабрь 2016 г.] http://www.energo-consultant.ru/sovets/yuridicheskim_licam/voprosi_energოსnabgeniya/Chto_takoe_optovii_rinok_elektroenergii.
16. ФАС России. Приложение к приказу ФАС России от 13.12.2015 № 1294/15. *Вэб-сайт Федеральная антимонопольная служба*. [В Интернете] 13 декабрь 2015 г. [Цитировано: 27 декабрь 2015 г.] <http://fas.gov.ru/documents/legislative-acts.html>.
17. ФАС России.. Приложение к приказу ФАС России от 27.11.2015 № 1177/15. *Вэб-сайт Федеральная антимонопольная служба*. [В Интернете] 27 ноябрь 2015 г. [Цитировано: 27 декабрь 2016 г.] <http://fas.gov.ru/documents/legislative-acts.html>.
18. AtomInfo.ru. Сделка с EDF по строительству нового блока британской АЭС " Hinkley Point " заключена. *Вэб-сайт Российское атомное сообщество*. [В Интернете] 22 ноябрь 2013 г. [Цитировано: 9 декабрь 2016 г.] <http://www.atomic-energy.ru/news/2013/10/22/44565>.