

ЛИТЕРАТУРА:

1. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
2. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.
3. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. NX Advanced Simulation. Практическое пособие. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 112 с.

Научный руководитель: В.В. Беспалов, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ПОВЫШЕНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

Ю.Ю. Титов

Томский политехнический университет
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5061

Введение

В современном мире установилась тенденция перехода к зеленой энергетике. Большинство стремится переходить от углеродных к более экологическим источникам энергии. Также постепенный рост процента электрификации жизни современного человека, вызывает необходимость наращивания мощности производства электроэнергии.

Ни один из альтернативных источников несравним с методом получения энергии, основанный на делении ядра урана. Самым простым примером может служить, что при делении 1 кг урана-235 выделяется $2 \cdot 10^7$ кВт · ч энергии, которая эквивалентна сжиганию 2500 тонн каменного угля, однако выделения углекислого газа CO_2 сравнительно минимальны по отношению к тепловым атомным станциям.

Таким образом, наращивание атомной энергетики – экологически и экономически выгодной ход, хотя не только строительства АЭС следует предпринять, но и модернизация ныне действующих станций. В наших реалиях, когда точности измерительных приборов и скорость компьютерных вычислений вышли на совершенно новый уровень, возможно, повысить мощность энергоблока без глобальных модернизаций. В настоящее время на всех российских АЭС реализуется план краткосрочных мероприятий по модернизации. Концерн «Росэнергоатом», являющийся эксплуатантом станций, потратит в ближайшие пять лет на модернизацию и переоснащение всех блоков российских АЭС порядка 20 миллиардов рублей. Данная модернизация проводится в рамках общероссийской энергетической стратегии на период до 2025 года, предусматривающей максимальное увеличение выработки электроэнергии на всех АЭС страны [1].

Повышение номинальной мощности действующих энергоблоков

Важным направлением деятельности в мировой энергетике является улучшение эксплуатационных показателей и повышение безопасности действующих АЭС. Улучшение эксплуатационных показателей и в целом повышение конкурентоспособности АЭС достигается путём внедрения удлиненных циклов облучения топлива, сокращение плановых простоев, увеличение номинальной мощности энергоблоков и продления их срока службы. Использование любого из перечисленных способов совершенствования эксплуатации ядерного энергоблока связано с модификацией проекта и с пересмотром условий безопасности.

Measurement uncertainty recapture power uprates (MU) – достигаются за счет внедрения усовершенствованных методов расчета мощности реактора и использования современных устройств измерения расхода питательной воды, что уменьшают степень неопределенности в уровне мощности и обеспечивает прирост производительности энергоустановки, как правило, не более чем на 2% [3, с. 80].

Stretch power uprates (S) – повышения мощности, при которых используется первоначальный избыточный запас завода-изготовителя для увеличения тепловой мощности реактора. В США NRC определила прирост мощности Stretch менее 7% от OLTP (originally licensed thermal power – первоначальной лицензированной тепловой мощности) энергоблока [3, с. 80].

Extended power uprates (E) – предполагается модернизация или замена основного оборудования АЭС (часть турбины высокого давления, конденсатные насосы, генераторы, трансформаторы) и обеспечивается повышение электрической мощности на величину до 20% [3, с. 80-81].

Повышение номинальной мощности при небольших капитальных затратах (по некоторым оценкам, удельные затраты по вариантам MU и S составляет около 38 дол./кВт [3, с.78]) приводит к улучшения экономических показателей АЭС. Экономическая целесообразная более дорогостоящего увеличения установленной мощности по варианту E должна быть проверена практикой в ближайшем будущем.

Методы повышения номинальной мощности ВВЭР-1000

В дипломном исследовании рассматриваются три возможных метода модернизации активной зоны. Повышение мощности рассматривается в пределах 10%, дабы не осуществлять глобальную модернизацию, как турбогенератора, так и активной зоны. Первый рассматриваемый вариант с заменой ТВС на квадратную форму, производится расчёт только как возможный вариант, так как данный способ ведет к глобальным изменениям органов управления.

1. Замена шестигранной ТВС на квадратную. При данном варианте рассматривается полное изменение компоновки активной зоны, в конечном варианте получается, что активная зона будет состоять из 163 ТВС, в которой размещается 289 стержней, из которых 270 твэлы. Как говорилось ранее, данный вариант рассматривается как теоретически возможный. Геометрические параметры твэлов аналогичны твэлам шестигранной ТВС.

2. Увеличение топливного столба. Данный метод один из самых популярных и рабочих, который используется на практике по отношению к реакторам ВВЭР-1000. Такая модернизация уже используется на Балаковской АЭС, Калининской АЭС и других АЭС с аналогичными типами реакторов. Геометрия и параметры ТВЭлов используются такие же, как до модернизации ТВС.
3. Внедрения МОКС топлива. Один из самых инновационных методов, потому что МОКС топливо - смесь урана и плутония в пропорциях, позволяющих использовать ее как топливо в ядерных реакторах, первоначально рассчитанных исключительно на урановое топливо. Плутоний вводят в ядерное топливо, чтобы использовать запасенную в нем энергию. МОКС сжигают (облучают) в ядерных реакторах, образуя тем самым «закрытый 8 топливный цикл», в котором плутоний облучают, повторно обрабатывают и многократно используют. Облучение МОКС в реакторах дает большее количество плутония реакторного сорта, чем исходное МОКС топливо, т.к. часть окиси урана в МОКС переходит в плутоний [2, с.7]. Таким образом, при данном нововведении не только повышается номинальная мощность реактора, но и осуществляется переход к переработки ранее отработанного топлива.

Заключение

В ходе исследования были подняты такие вопросы как повышение номинальной мощности энергоблоков ВВЭР-1000. Была рассмотрена актуальность данной темы, по итогу которой повышение мощности уже работающих энергоблоков не только экономически выгодно, но и повышает экологический потенциал атомных станций, особенно в реалиях того, что на повышение общего энергетического потенциала страны строились бы новые станции, а не осуществлялось повышение ныне работающих энергоблоков. Объясняется это тем, что при возведении новых станций выделяется много количество углекислого газа, заложенное в производстве металлических и железобетонных конструкций станции.

Анализируя рассмотренные способы повышения номинальной мощности, стоит выделить удлинение топливного столба и загрузку МОКС топлива, они уже показали свою эффективность и надежность на ряде энергоблоков ВВЭР-1000, а МОКС топливо, позволяет осуществить переработку остатков оружейного плутония, что позволяет решить вопрос с отходами, для хранения которых требуются немалые ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алешин В. С. Судовые ядерные реакторы: учебное пособие / В. С. Алешин, Н. М. Кузнецов, А. А. Саркисов. — Л.: Судостроение, 1968. — 491 с.: ил. — Библиогр.: с. 486-489.
2. Бекман И.Н., Ядерная индустрия. Спецкурс. Лекция 24. Утилизация оружейных нуклидов.

3. Хрусталеv В. А., Гaриевский М. В., Пoвышение мощности действующих энергоблоков с водо-водяными реакторами: состояние, проблемы и перспективы. // Труды Академэнерго. 2017.-N4.- С. 77-88.

Научный руководитель: Д.В. Гвоздяков, к.т.н., доцент, НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

DESIGN OF A POWER UNIT OF A NUCLEAR POWER PLANT WITH A VVER REACTOR WITH AN ELECTRICAL CAPACITY OF 1300 MW

Ahmed Elsayed Abdelsatar Elsayed
Tomsk Polytechnic University
School School of Energy and Power Engineering
Department the Butakov Research Center, Group: 506И

The tasks of work

- Design of a steam generator;
- Determined the main feature of turbine instillation;
- Design of a condenser;
- Make a financial management of the project;

1. Design of a steam generator.

Table 1. Initial data.

| Parameter | Denomination, units | Value |
|---|-----------------------|---------------------|
| Coolant | | Water |
| Thermal power of SG | Q_{sg} , MW | $3718 / 4 = 929.62$ |
| Mass flow of steam | D_2 kg/s | 506.61 |
| Coolant flow | G_1 kg/s | 5062.54 |
| Coolant pressure at the inlet to the SG | p_1 MPa | 17 |
| Coolant temperature at the inlet to the SG | t'_1 , °C | 329.1 |
| Coolant temperature at the outlet of the SG | t''_1 , °C | 297.6 |
| Steam pressure at the SG | p_{st} or p_2 MPa | 7 |
| Steam temperature at the outlet of the SG | t_{st} or t_s °C | 286.8 |
| Feed water temperature | t_{fw} , °C | 225 |
| Blowdown flow rate, % (as a percentage of mass flow of steam) | α_{bd} , % | 0.5 |

- **Determination of Steam Flow Rate,**

$$D_2 = 506.61 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

- **The Number of Tubes,**

$$N_{\text{tube}} = 11654 \text{ pcs};$$