

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ БЛОКІВ АЕС З ВВЕР-1000 НА 5 - 10% ПОНАД НОМІНАЛЬНУ

Григор'єв О. Ю.

Науковий керівник – проф. каф. «Атомні електричні станції»,

канд. техн. наук Кіров В. С.

Нарівні з нарощуванням нових потужностей на АЕС, в умовах інвестиційних труднощів в атомно-енергетичній галузі, вельми важливим стає також більш ефективне використання і розвиток існуючих потужностей вище встановленого номінального значення [1].

Як відомо, за кордоном розроблені і останнім часом широко впроваджуються різні способи і шляхи підвищення ефективності, надійності, безпеки енергоблоків АЕС з корпусними водо-водяними реакторами PWR і ВВЕР середньої і підвищеної потужності. Сьогодні прийнятними можна визнати тільки такі шляхи підвищення потужності і ефективності, які, по-перше, не знижують надійність і безпеку по всім регламентуються показниками і це може бути доказово обгрунтовано. По-друге, які при обов'язковому виконанні першої умови характеризуються найбільшою економічністю при їх реалізації.

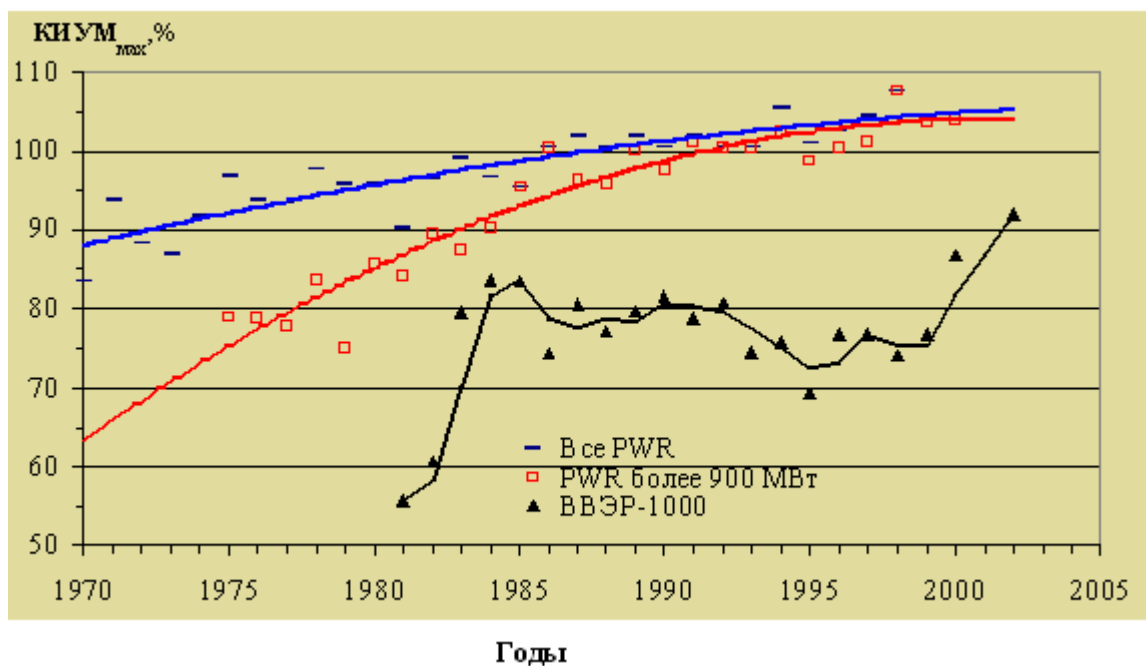
Підвищення техніко-економічних характеристик - постійний процес для реакторів PWR і ВВЕР, що включає в себе наступні напрямки удосконалення існуючої технології:

- перехід від дискретних стрижнів вигорає поглинача (СВП) до інтегрованих з паливом вигорає поглиначем (твегі);
- перехід на цирконієві елементи дистанціонуючих решіток (ДР) і направляють каналів (НК) в ТВС;
- впровадження перемішують решіток (ПР) в ТВС для інтенсифікації перемішування теплоносія в активній зоні;
- збільшення терміну служби стрижнів СУЗ за допомогою впровадження стрижнів з (n- γ) поглиначем, замість бору (n- α);
- з 2-х на 4-х і 5-річні кампанії палива;
- висока топлівозаповненність (ураноємність) активної зони;
- знижені технологічні допуски при виробництві твелів і ТВС;
- робота на вибігу реактивності в кінці кампанії реактора;
- гнучкість паливного циклу і довгі кампанії реактора - від 12 до 18-24 міс .;
- підвищення КВВП і форсування потужності (Measurements Uncertainty Recapture MUR - до 2%, Stretch Power Uprate SPU - до 7%, Extended Power Uprate EPU - до 20%);

- підвищення параметрів теплоносія зі значним паросодержання на виході з активної зони (високотемпературні PWR);

- еволюція методології обґрунтування безпеки від консервативної до Best Estimate (BE) методології і реалістичним (BE) кодами, імовірнісний аналіз, метод ВЕРУ, моделювання просторових ефектів в пов'язаності НФ + ТГ + ГД, застосування CFD (DNS) кодів, гармонізація детерміністического аналізу безпеки (ДАБ) і ВАБ, ризик-інформативний підхід до прийняття рішень з оптимального балансу безпеки і економіки в проектах РУ і оптимізації НТД для АЕ [2].

Завдяки реалізації вищевказаних рішень за період еволюції технології вододояних реакторів з водою під тиском вдалося до теперішнього часу досягти істотно більш високих показників ефективності використання спочатку встановленої потужності (див. Рис. 1).



Малюнок 1 - Максимальні значення коефіцієнтів використання спочатку встановленої потужності, досягнуті на окремих енергоблоках PWR і ВВЕР-1000, усереднені за рік роботи (з урахуванням підвищення потужності на окремих блоках понад початковий номіналу) [3]

Програмою визначено основні напрямки підвищення ефективності, які, по-перше не знижують надійність і безпеку експлуатації енергоблоків, а по-друге, при обов'язковому виконанні першої умови, характеризуються найбільшою економічністю в разі їх реалізації. Пріоритетними шляхами підвищення ефективності діючих енергоблоків з РУ типу ВВЕР, в тому числі і підвищення КВВП, є:

- виключення зовнішніх обмежень з видачі потужності;
- скорочення часу виконання ремонтів;
- збільшення обсягу видачі електроенергії та зменшення витрат на технологічні (власні) потреби;
- збільшення періоду між плановими ремонтами;
- підвищення надійності роботи енергоблоків АЕС;
- підвищення встановленої потужності енергоблоків.

До пріоритетних способів підвищення енерговироботки вже діючих енергоблоків з ВВЕР-1000 слід віднести переклад їх на роботу з підвищеною понад номінального рівня потужністю.

Принципово, робота реактора на понад номінальної потужності сьогодні стає можливою через наступні випадки:

1) у безперервний спосіб уточнюються нейтронно-фізичні константи і розрахункові коди, завдяки чому вдається доказово обґрунтовувати забезпечення прийнятих (нормативних) коефіцієнтів запасів при меншій консервативності підходів;

2) в процесі вдосконалення методів і апаратури контролю нейтронного потоку, нерівномірності полів енерговиділення в активній зоні, поліпшення показності і точності обробки даних СВРК реактора і підрахунку теплової потужності і ККД знижуються потрібні запаси на неточність оцінок потужності;

3) більш раціональні методи управління нерівномірно енерговиділення в осьовому і радіальному напрямку, перехід до стратегій перевантажень, що поєднує принципи «незначного витоку» і «низькою нерівномірності», більш досконале і ефективне паливо, «вирівнювання» полів енерговиділення в процесі тривалого вигорання палива також призводять до можливостям підвищення експлуатаційної надійності при роботі на потужності вище номінального рівня.

Сьогодні перехід до роботи на потужності вище номінальної визнаний доцільним на ряді вже експлуатованих і нововведених АЕС Російської Федерації. З цією метою запланована програма ступеневої підвищення максимальної понад номінальної потужності цих енергоблоків в початковому періоді до 104%, 107% і 110%.

У розробках досягаються рівні вище номінального оцінюються по допустимій тепловій потужності реактора, проте очевидно, що при цьому всебічне підвищення (поліпшення) ККД другого контуру при реалізації таких режимів роботи також однозначно підвищує загальну ефективність і надійність роботи АЕС [4].

Разом з тим, сьогодні необхідні критерії ефективності впровадження такого методу роботи не тільки внутриванціонного (ККД, собівартість, внутрішня дохідність, прибу-

ток), але і загальносистемного характеру. До них відноситься, наприклад, зростання КВВП, або можливість поєднувати високі КВВП з помірним участю АЕС в тижневому і сезонному регулюванні графіків навантаження.

Важливі системні переваги при цьому: підвищені можливості участі АЕС в системному регулюванні (в тому числі противоаварийном), додаткове заміщення органічного палива на ТЕС при зрості виробітку на АЕС, витіснення нізкоекологічних палив і зниження общетоксічних викидів і газів з парніковообразующім ефектом. Ряд питань з перерахованих вище не знайшли ще повного з'ясування.

Підвищення потужності енергоблоків понад номінальну - відомий інструмент щодо підвищення економічної ефективності атомних електростанцій. Потужність підвищують за рахунок поліпшення засобів контролю технологічних процесів, вдосконалення експлуатаційних процедур, модернізації обладнання та інших заходів.

Основними етапами підвищення номінальної потужності енергоблоків АЕС є наступні:

- приріст потужності на 1-2% за рахунок зменшення невизначеностей вимірювань шляхом підвищення точності обчислення потужності;
- розширений варіант підвищення потужності на 3-20% шляхом переналаштування АСУ ТП і модернізації устаткування.

Перше збільшення потужності було реалізовано в США ще в 1977 році. На енергоблоках № 1 і № 2 АЕС «Калверт Кліфс» з реакторами з водою під тиском (PWR), потужність була підвищена на 5,5%. З цього часу в різні роки (масово процес почався з середини 1990-х) потужність була підвищена на всіх АЕС США.

Деякі інші країни наслідували приклад США, підвищуючи потужність енергоблоків АЕС з реакторами з водою під тиском (PWR):

- в Німеччині з 1990 року по 2005 рік була підвищена потужність 10 енергоблоків на величину від 1% до 5,3%;
- в Швеції з 1989 року по 2011 рік на 3-х енергоблоках АЕС «Рінгхальс»- на величину від 8% до 19%;
- У Південній Кореї з 2005 року по 2007 рік на 4 енергоблоках - на величину від 4,4% до 5,9%.

У РФ виконано обґрунтування безпечної експлуатації і є позитивний досвід тривалої експлуатації в стаціонарному режимі двох енергоблоків Кольської АЕС на рівні потужності 107%.

Варто відзначити, що в блоці багато вузлів і елементів, які впливають на можливе обмеження потужності блоку. Для остаточного вирішення цього питання необхідно комплексне рішення.

У магістерській роботі на тему «Дослідження можливості підвищення номінальної потужності блоку АЕС з ВВЕР-1000 і турбіною К-1000-60 / 3000» виконано дослідження поведінки турбіни К-1000-60 / 3000 при підвищенні потужності блоку, і теплової схеми. Обмеження обсягу статті роблять кращі виклад цього матеріалу в окремій статті.

Список використаних джерел

1. Прес-конференція Міністра енергетики та вугільної промисловості України Ігоря Насальніка посилання на відео матеріал:
https://drive.google.com/file/d/0B_4fsoA11WGqOVN0REZ3UDJNeWM/view
2. ПМ-Д.0.03.445-12 «Програма підвищення ефективності експлуатації АЕС ДП« НАЕК «Енергоатом» на період 2013 - 2016 роки », ДП« НАЕК «Енергоатом», 2012.
3. Пономаренко Г.Л. Обґрунтування підвищення технічних характеристик реакторів ВВЕР з використанням нейтронно-фізичних, теплогідравлічних та імовірнісних розрахункових методів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Подольск, 2011 року.
4. Андрющенко А.І. Показники ефективності циклів АЕС / А.І. Андрющенко // Известия вузів СРСР. Енергетика. 1982. №9. С.44-47.