

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГБЛОКОВ УКРАИНСКИХ АЭС

Г. М. Федоренко¹, О. Г. Кенсицкий¹, В. А. Саратов²

¹ *Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

² *Институт электродинамики НАН Украины, Киев*

Рассмотрены основные пути повышения безопасности, надежности и эффективности эксплуатации энергоблоков украинских АЭС. При этом анализируется опыт эксплуатации АЭС в США. Установлено, что значительная часть нарушений в работе энергоблоков украинских АЭС связана с недостаточной надежностью электротехнического оборудования, в частности турбогенераторов ТВВ-1000-2У3. Намечены основные проблемы развития ядерной энергетики Украины, пути их решения.

Сегодня ядерная энергетика в мире переживает второе рождение. Помимо регионов, где развитие ядерной энергетики всегда было приоритетным направлением – Юго-Восточная Азия, развивающиеся страны, интерес к созданию новых энергетических установок возобновился и в промышленно развитых странах, прежде всего в США. Всего в мире в эксплуатации находится 434 энергоблока суммарной электрической мощностью 350,8 ГВт, еще 34 (27,3 ГВт) строится. Наибольшее количество энергоблоков эксплуатируется в США (103), Франции (59), Японии (53), России (29) и Германии (20). АЭС вырабатывают почти 17 % всей электроэнергии на планете. В некоторых странах, например во Франции, их доля в выработке электроэнергии значительно выше 50 %. Из года в год улучшаются показатели надежности и эффективности работы энергоблоков.

Ядерная энергетика по сравнению с энергетикой, основанной на использовании ископаемых видов топлива (уголь, нефть, газ), обладает рядом важных преимуществ:

отсутствием выбросов парниковых газов, связанных со сжиганием топлива (10 - 30 г CO₂ на 1 кВт-ч произведенной электроэнергии для АЭС по сравнению с 450 - 1200 г CO₂ на 1 кВт-ч для ТЭС [1]);

надежностью и устойчивостью энергоснабжения (1 - 2 года непрерывной работы без перезагрузки топлива);

сравнительно низкой себестоимостью производства электроэнергии (на уровне 0,05 - 0,07 дол./кВт-ч).

К этому следует добавить, что в себестоимости электроэнергии, выработанной на ядерных энергоустановках, топливная составляющая занимает всего лишь около 40 %, в то время как для энергоустановок на ископаемых видах топлива она достигает 70 - 80 %. Это особенно актуально в современных условиях, когда цены на первичные энергоносители постоянно растут, и эта тенденция будет продолжаться.

Вместе с тем использование ядерной энергии связано с рядом проблем, без разрешения которых прогресс в ее использовании выглядит проблематичным. К наиболее острым следует отнести:

высокую капиталоемкость ядерных энергоустановок (2000 - 3000 дол./кВт);

повышенные требования к надежности эксплуатируемых блоков;

необходимость разработки экологически безопасной технологии переработки радиоактивных отходов и надежного их захоронения;

необходимость создания механизмов невозможности использования атомных энергоустановок и отходов их эксплуатации для создания ядерного оружия.

Несмотря на наличие нерешенных проблем, расширенному использованию ядерной энергии в будущем нет альтернативы. В особенности это касается стран, не обладающих достаточными запасами собственных энергетических ресурсов, в частности Украины.

© Г. М. Федоренко, О. Г. Кенсицкий, В. А. Саратов, 2004

В современных условиях в мире в целом и в Украине в частности наряду с вопросами радиационной безопасности на первый план выходят экономические аспекты эксплуатации АЭС. Себестоимость производимой на АЭС электроэнергии сегодня соизмерима с производимой электроэнергией на угольных ТЭС с комбинированным циклом (табл. 1). Только конкурентоспособная ядерная энергетика может успешно соперничать с электростанциями на традиционных источниках энергии, и только в этом случае можно говорить о широких перспективах ее развития.

Таблица 1. Капитальные затраты (с учетом учетной ставки по кредитам на период строительства), период сооружения и себестоимость электроэнергии для энергоблоков разного типа [2]

Тип электростанции	Капиталоемкость 1 кВт установленной мощности, дол.	Срок сооружения, лет	Типовая мощность энергоблока, МВт	Стоимость типового энергоблока, млрд дол.	Себестоимость электроэнергии, центов/кВт-ч*
АЭС с реактором на легкой воде (LWR)	2100 - 3100	6 - 8	600 - 1500	1,5 - 4,2	4,9 - 6,8
АЭС, лучшие показатели	1700 - 2100	4 - 6	800 - 1000	1,3 - 2,1	4,0 - 4,7
Пылеугольные ТЭС с ЭСФ	1000 - 1300	3 - 5	400 - 1000	0,5 - 1,3	3,2 - 4,5
Угольные ТЭС с ДДГ, ЭСФ, СКО	1300 - 2500	4 - 5	400 - 1000	0,6 - 2,5	3,6 - 6,3
Газотурбинные ТЭС комбинированного цикла (CCGT)	450 - 900	1,5 - 3	250 - 750	0,2 - 0,6	2,8 - 4,8
Ветроэнергетические установки	900 - 1900	0,4	20 - 100	0,03 - 0,12	3,5 - 9,2

* Себестоимость электроэнергии рассчитана исходя из учетной ставки по кредитам – 10 %, срока эксплуатации блока - 20 лет, стоимости топлива - 1 - 2 дол./ГДж для угля и 1 - 5 дол./ГДж для природного газа. Себестоимость электроэнергии для ветроэнергетических установок рассчитана для средних значений скорости ветра и КПД установки.

ЭСФ - электростатический фильтр; ДДГ - десульфуризация дымовых газов; СКО - селективное каталитическое осаждение.

Украина входит в десятку крупнейших ядерных государств. Ее АЭС, при суммарной мощности в 22,7 % от установленной мощности всей генерации, ежегодно производится почти половина электроэнергии в стране. Перед украинскими атомщиками стоят те же проблемы, что и во всем мире, и решать их необходимо в тесном международном сотрудничестве с учетом опыта и достижений специалистов других государств, в том числе США.

Успехи атомной энергетики США впечатляют. В 1999 г. АЭС США был преодолен 80-процентный рубеж интегрального показателя эффективности эксплуатации энергоустановок – коэффициента использования установленной мощности (КИУМ). На протяжении последних трех лет (2001 - 2003) средний КИУМ блоков АЭС США составил 88,1 - 88,4 % (рис. 1 [3]). Некоторые энергоблоки имеют и более высокий КИУМ. Например, на энергоблоке № 2 (реактор с водой под давлением - PWR, аналог эксплуатируемых в Украине реакторов ВВЭР) электростанции *San Onofre* (компания *Southern California Edison et al.*) в 2003 г. был достигнут КИУМ = 103,4 %. На АЭС США в 2003 г. с КИУМ больше 100 % работало шесть энергоблоков единичной мощностью от 760 до 1200 МВт.

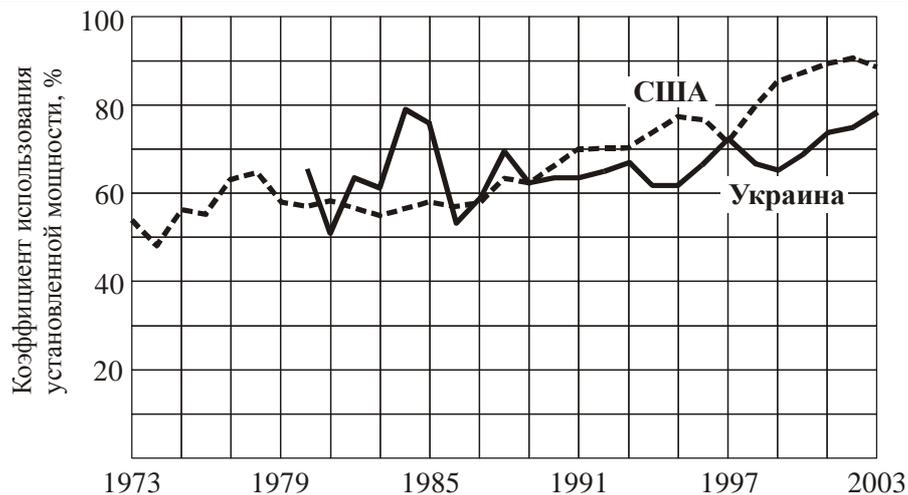


Рис. 1

Повышение КИУМ было достигнуто, прежде всего, за счет повышения надежности оборудования, полной загрузки энергоблоков, сокращения количества внеплановых отключений и сроков проведения работ по перегрузке топлива и ремонтно-профилактическому обслуживанию оборудования.

За последние 10 лет надежность работы энергоблоков США существенно повысилась. По данным Комиссии по ядерному регулированию США (*US Nuclear Regulatory Commission*) количество инцидентов на АЭС за год снизилось с 151 в 1990 г. до 18 в 2000 г., а количество внеплановых отключений блоков на одну электростанцию - с 1,2 до 0.

Значительно сокращена средняя длительность простоя энергоблоков. Если в 1990 г. в связи с перезагрузкой топлива она составляла в среднем 105 дней, то в 2000 г. этот показатель сократился до 39 дней. На электростанциях компании *Exelon* перезагрузка топлива проводится в среднем за 22 дня, а энергоблок № 2 ("кипящий" реактор – *BWR*) электростанции *Limerick* в 2001 г. был перезаправлен за 16 суток и 8 ч! Для реакторов же с водой под давлением (*PWR*) этот показатель составляет в среднем 15 - 16 сут.

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что минимальные организационные и управленческие расходы на лучшей АЭС США составляют 53,9 млн дол., а для АЭС среднего уровня они в четыре раза больше – 201,1 млн дол. Разница по удельной стоимости топлива также велика – 0,008 и 0,017 дол./кг у.т. соответственно. По КПД отличие между станциями незначительно – от 361 до 393 г у.т./кВт-ч.

В атомной энергетике США наметилось два пути увеличения выработки электроэнергии на АЭС: первый – использование имеющихся резервов установленной мощности путем снятия существующих ограничений на ее отпуск; второй – новые технологии и модернизация оборудования, в том числе и электротехнического.

Проводятся работы по возможному увеличению генерирующей мощности энергоблоков американских АЭС. По оценке специалистов фирмы *GE Nuclear Energy* на всех АЭС США до конца 2004 г. можно реально получить 12000 МВт генерирующей мощности дополнительно к проектным значениям. *NRC* уже рассмотрела порядка 35 заявок на повышение единичной мощности энергоблоков (в сумме более чем на 8000 МВт), еще столько же рассматриваются.

Накопленный специалистами США опыт эксплуатации ядерных энергоустановок должен максимально использоваться для повышения надежности и эффективности блоков украинских АЭС.

Последние годы наблюдается устойчивая тенденция повышения КИУМ энергоблоков украинских АЭС, и это вселяет оптимизм. Ведь для украинской энергетики повышение среднего значения последнего на 10 % равнозначно строительству нового энергоблока мощ-

Таблица 2. Техничко-экономические показатели АЭС США (пять лучших и пять средних)

Рейтинг	Организационные и управленческие расходы, млн дол./год		Рейтинг	Удельная стоимость топлива, дол./кг у.т.		Рейтинг	Удельный расход топлива, г у.т./кВт·ч	
1	<i>Kewaunee</i>	53,9	1	<i>Vermont Yankee</i>	0,008	1	<i>Point Beach</i>	361,0
2	<i>Ginna</i>	53,9	2	<i>Limerick</i>	0,009	2	<i>Seabrook</i>	361,3
3	<i>Motivello</i>	55,7	3	<i>Peach Bottom</i>	0,012	3	<i>Catawba</i>	361,8
4	<i>Robinson Two</i>	58,8	4	<i>Turkey Point</i>	0,012	4	<i>McGuire</i>	365,9
5	<i>Duane Arnold</i>	61,9	4	<i>St. Lucie</i>	0,012	4	<i>Braidwood</i>	367,6
46	<i>Comanche Peak</i>	185,9	46	<i>Point Beach</i>	0,015	46	<i>North Anna</i>	387,5
47	<i>South Texas</i>	187,3	47	<i>Browns Ferry</i>	0,016	47	<i>Duane Arnold</i>	388,1
48	<i>Quad Cities</i>	192,8	48	<i>La Salle</i>	0,016	48	<i>Kewaunee</i>	388,5
49	<i>Peach Bottom</i>	199,3	49	<i>Duane Arnold</i>	0,016	49	<i>St. Lucie</i>	389,5
50	<i>Diablo Canyon</i>	201,1	50	<i>Indian Point 2</i>	0,017	50	<i>Robinson Two</i>	392,7

ностью более 1000 МВт стоимостью 2,5 - 3 млрд дол. И это повышение генерирующей мощности может быть достигнуто при гораздо меньших затратах.

Мероприятия по повышению КИУМ блоков украинских АЭС должны носить системный, комплексный характер. Необходимый уровень эксплуатационной надежности энергоблока в целом может быть обеспечен при достижении максимальной надежности всех составляющих технологической цепочки “реактор - турбина - турбогенератор - трансформатор”.

После доведения надежности оборудования до требований государственных стандартов, по-видимому, можно будет говорить о повышении номинальной мощности энергоблоков, как это делается энергокомпаниями в США. Этот вопрос требует тщательной проработки и исследований как технической возможности, так и экономической целесообразности.

Анализ инцидентов на АЭС Украины, связанных с незапланированными отключениями энергоблоков от сети, свидетельствует, что их значительная часть связана с недостаточной надежностью электротехнического оборудования. В частности, коэффициент готовности (вероятность безотказной работы) турбогенераторов АЭС Украины, определенный за весь период эксплуатации последних, оказался ниже определенных государственным стандартом значений. В особенности это касается турбогенераторов ТВВ-1000-2УЗ, коэффициент готовности которых оказался на уровне 75 % [5]. А ведь именно этими турбогенераторами оснащены вновь вводимые блоки на Хмельницкой и Ривненской АЭС. При таком уровне их надежности новые энергоблоки не могут изначально иметь высокий КИУМ.

Опыт эксплуатации турбогенераторов рассматриваемой серии на Ривненской, Хмельницкой и Южно-Украинской АЭС выявил ряд конструктивных дефектов, значительно снижающих показатели их надежности, причем наиболее часто встречающиеся дефекты у всех трех генераторов одинаковы: трещины в сварных соединениях, повышенный уровень вибрации и утечки водорода. В результате ряда аварий турбогенераторы на Ривненской (блок № 3) и Хмельницкой (блок № 1) АЭС были заменены на новые. На Южно-Украинской АЭС с 1989 по 2002 г. из-за дефектов отдельных узлов и систем турбогенератора ТВВ-1000-2УЗ (блок № 3) произошло 22 вынужденных останова (рис. 2), недовыработка электроэнергии составила более 1,4 млрд кВт·ч (эквивалентно 40 млн дол.) [6]. В результате было принято решение о проведении глубокой модернизации турбогенератора на станции с привлечением специалистов АО «Электросила», что позволило стабилизировать ситуацию.

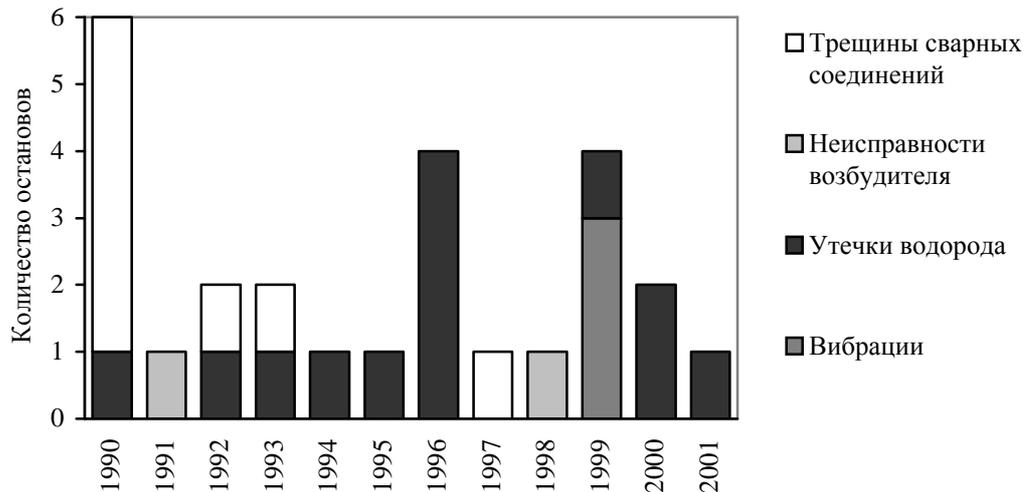


Рис. 2

За последние три года (2001 - 2003) среднее количество нарушений на энергоблоках украинских АЭС с четырехполюсными турбогенераторами типа ТВВ-1000-4У3 составило 2,9, а с двухполюсными турбогенераторами ТВВ-1000-2У3 - в два раза выше (5,9) (по данным НАЭК «Энергоатом»). В таком же соотношении находится и число unplanned остановов блоков.

За рассматриваемый период было зафиксировано семь отказов узлов и систем турбогенераторов рассматриваемого типа. Средняя удельная повреждаемость (УП) трех турбогенераторов типа ТВВ-1000-2У3 за трехлетний период составила

$$УП = N_{\text{ОТК}} / (N_{\text{ТГ}} \cdot n_{\text{ЛЕТ}}) = 7 / (3 \cdot 3) = 0.778,$$

а средняя наработка на отказ

$$T = \frac{t}{n(t)} = \frac{63680.4}{7} = 9097.2 \text{ ч},$$

где t - суммарное время работы этих трех энергоблоков за три календарных года по графикам среднесуточных нагрузок 63680,4 ч; $n(t)$ - число отказов за тот же период (7).

Таким образом, величина средней наработки на отказ оказалась почти в два раза меньше требуемых по ГОСТ 533-2000 "Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы" – 18000 ч. Очевидно, энергоблоки с двухполюсными турбогенераторами имеют недостаточную надежность.

В отрасли разработана и действует Программа повышения КИУМ энергоблоков АЭС Украины на период 2003 - 2006 гг. К основным причинам, сдерживающим рост КИУМ украинских АЭС, в Программе отнесены следующие:

недостаточность стимулов и финансовой заинтересованности в планировании и реализации максимальной выработки электроэнергии;

несовершенство системы стимулирования персонала в плане повышения КИУМ;

наличие диспетчерских ограничений мощности;

недостаточная эффективность действующей системы технического обслуживания и ремонта;

недостаточные темпы реконструкции, модернизации и технического перевооружения;

несовершенство тарифной политики, применительно к специфике работы АЭС.

В Программе намечены следующие пути повышения КИУМ:

совершенствование технического обслуживания и ремонта энергоблоков;

сокращение продолжительности перегрузки топлива;

внедрение новых систем диагностики и методов оценки ресурса оборудования;
снижение диспетчерских ограничений и пр.

Величины КИУМ отдельных блоков отечественных АЭС непостоянны по годам и существенно отличаются между собой (от 67 до 86 %). Средний КИУМ блоков АЭС Украины в 2001 г. составлял 73,5 % , в 2002 г. - 75,2 %. В 2003 г. он возрос до 78,5 % и практически достиг среднего значения КИУМ АЭС в мире.

Наряду с сокращением незапланированных отключений и времени простоев на ремонтно-профилактическое обслуживание оборудования, актуальным для повышения КИУМ блоков украинских АЭС является вопрос длительности топливной кампании и времени, затрачиваемого на перегрузку топлива. Здесь необходимо всецело использовать опыт других стран, международное сотрудничество.

В связи с останом ЧАЭС и предстоящим выводом из эксплуатации 1-го и 2-го энергоблоков Ривненской АЭС (2010 - 2011 гг.) украинским атомщикам предстоит разработать программу технических мероприятий для каждого конкретного выводимого энергоблока, а также определить источники ее финансирования.

При этом было бы целесообразно использовать опыт вывода из эксплуатации ядерных энергоблоков на американских АЭС, количество которых давно превысило 10. Особого внимания заслуживают проекты вывода реакторов, проработавших по 15 - 30 лет, с полным восстановлением состояния окружающей среды до "зеленой лужайки" (АЭС *Yankee Rowe*, *San Onofre 1* и пр.) или созданием на площадках бывших АЭС электростанций на традиционных видах топлива (бывшая АЭС *Fort St. Vrain*). В любом случае процесс вывода ядерного энергоблока из эксплуатации связан со значительными капитальными затратами, которые для разных энергоблоков США реально составляли от 1,21 до 4 млн дол. на 1 МВт установленной мощности. По оценкам NRC США эти затраты могут быть снижены до 300000 дол. на 1 МВт установленной мощности (для блока 1000 МВт это составляет порядка 300 млн дол.) [8]. В любом случае эти затраты для выводимых из эксплуатации энергоблоков украинских АЭС должны быть предусмотрены уже сегодня.

Отдельно следует рассмотреть вопрос о технической возможности и экономической целесообразности повторного или дополнительного использования электротехнического оборудования выводимых энергоблоков как на других электростанциях, так и для выполнения совершенно новых функций. Так, например, относительно электротехнического оборудования ЧАЭС специалистами Института электродинамики НАН Украины и "Энерго-сетьпроект" (Харьков) разработано техническое предложение об использовании ее турбогенераторов в качестве синхронных компенсаторов для регулирования перетоков реактивной мощности в линиях 750 кВ [7].

В США в последнее время в Национальную комиссию поступает все больше заявок на получение лицензий на продление сроков эксплуатации ядерных энергоблоков еще на 20 лет (до 40). Японские атомщики говорят о возможности увеличения и продления срока эксплуатации ядерных энергоблоков до 60 лет, а в перспективе – до 100. Украина, как одна из ядерных держав, не должна оставаться в стороне от этого процесса. В любом случае затраты на продление срока эксплуатации энергоблока на порядок ниже затрат на сооружение нового энергоблока такой же мощности. На основе комплексного обследования энергоблока должны быть определены:

элементы, которые достигли предельного состояния и подлежат замене;

элементы, ресурс которых обеспечивается периодическим техническим обслуживанием и ремонтом;

элементы, которые являются невосстанавливаемыми и не могут быть заменены, и для них определен остаточный ресурс;

отклонения от проектных требований.

Также должно быть принято решение о подготовке блока к продлению срока службы или о выводе его из эксплуатации.

Ядерная энергетика в Украине должна развиваться, другого пути нет. По-видимому, учитывая степень готовности энергоблоков № 3 и № 4 Хмельницкой и № 5 Ривненской АЭС, последние будут достраиваться в первоначально запроектированном варианте с использованием турбогенераторов ТВВ-1000-2У3 производства АО "Электросила".

Что касается новых энергоблоков, которые будут вводиться вместо тех, которые исчерпали свой расчетный ресурс, то уже сегодня необходимо определиться как с площадкой размещения новых энергоблоков, так и с типом реактора, поставщиками оборудования и т.д. Мировой опыт свидетельствует, что экономически выгодно новые энергоблоки строить на существующих площадках АЭС, экономия средств при этом в зависимости от мощности может составлять 20 - 60 % по сравнению с сооружением энергоустановки на новой площадке. Эту работу необходимо проводить уже сегодня, иначе через 15 лет на украинских АЭС в эксплуатации останутся 6000 - 7000 МВт генерирующих мощностей.

Выводы

1. Средний коэффициент использования установленной мощности энергоблоков АЭС Украины за последние пять лет увеличился на 14,3 % и в 2003 г. составил 78,5 %. Результаты, достигнутые при реализации Программы повышения КИУМ энергоблоков украинских АЭС, а также зарубежный опыт свидетельствуют, что для отечественных АЭС вполне реально повышение КИУМ еще, как минимум, на 10 %.

Повышение КИУМ энергоблоков украинских АЭС на 9 - 10 % – до уровня средних показателей АЭС США (87 - 88 %) - равносильно получению дополнительных, как минимум 1000 МВт, генерирующих мощностей. Для получения такой "прибавки" необходимо обеспечить снижение среднего времени простоя энергоблоков в ремонтах более чем в два раза (с 1700 до 800 ч в год).

Мероприятия по повышению КИУМ блоков украинских АЭС должны носить системный, комплексный характер. Необходимый уровень эксплуатационной надежности энергоблока в целом может быть обеспечен при достижении максимальной надежности всех составляющих технологической цепочки "реактор - турбина - турбогенератор - трансформатор".

2. Значительная часть нарушений работы энергоблоков украинских АЭС связана с дефектами основного электротехнического оборудования. В частности, за 2001 - 2003 гг. на энергоблоки с двухполюсными турбогенераторами типа ТВВ-1000-2У3 (блоки № 3 Южно-Украинской, № 3 Ривненской и № 1 Хмельницкой АЭС) приходится в среднем 5,9 нарушения на блок, а для блоков с четырехполюсными турбогенераторами ТВВ-1000-4У3 – 2,9. Удельная повреждаемость турбогенераторов ТВВ-1000-2У3 составляет 0,778 в год, а наработка на отказ – 9100 ч, что почти в два раза ниже требуемых ГОСТ 533-2000 18000 ч. Для достижения требуемых показателей надежности турбогенераторов ТВВ-1000-2У3 необходимо, как минимум, в четыре раза снизить время unplanned простоев, вызванных нарушениями в работе их узлов и систем. Это является сложной научно-технической задачей, требующей неотложного решения. При этом необходимо максимально использовать международное сотрудничество и опыт повышения надежности генерирующего оборудования в зарубежных странах [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоренко Г.М., Кенцицкий О.Г. Глобальная ядерная энергетика 2000⁺ // Новини енергетики. - 2003. - № 6. - С. 6-14.
2. Rogner H.-H., Kupitz J., Langlois L., McDonald A. Innovation in Nuclear Technology: Key to Its Future Success // 18-th World Energy Congress (CD). Rep. 1-02-16. - Buenos Aires, 2001.
3. Peltier R. Nuclear renaissance continues // Power. - June 2004.
4. First annual top plants // Power. - August 2002. - Vol.146, No. 5. - P. 4 - 53.

5. Федоренко Г.М., Стовбун В.В., Саратов В.А., Каряка Г.А. Анализ надежности и нагрузочной способности турбогенераторов 1000 МВт двухполюсного исполнения // Новини енергетики. - 1998. - № 2. - С. 52 - 56.
6. Маршевский М.И. Модернизация турбогенератора ТВВ-1000-2У3 // Электрические сети и системы. - 2004. - № 1-2. - С. 81 - 84.
7. Федоренко Г.М., Саратов В.А., Чевычелов В.А., Канунникова Р.Е. О целесообразности использования турбогенераторов и синхронных компенсаторов в качестве регуляторов реактивной мощности АЭС и ЛЭП // Новини енергетики. - 2003. - № 6. - С. 49 - 56.
8. *Problems of decommissioning nuclear facilities* // WISE News Communiqué. - January 23. - 1998.
9. Verrier M., Thiéry M., Chay P., Martinet G. New developments in the design of generators for nuclear plants with reliability target // Rep. A1-105. CIGRE Session 2004 (CD).

Поступила в редакцию 04.10.04,
после доработки - 13.12.04.

**1с ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ, НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОБЛОКІВ
УКРАЇНСЬКИХ АЕС****Г. М. Федоренко, О. Г. Кенсицький, В. О. Саратов**

Розглянуто основні шляхи підвищення безпеки, надійності та ефективності експлуатації енергоблоків українських АЕС. При цьому аналізується досвід експлуатації АЕС у США. Установлено, що значна частина порушень у роботі енергоблоків українських АЕС пов'язана з недостатньою надійністю електротехнічного устаткування, зокрема турбогенераторів ТВВ-1000-2У3. Намічено основні проблеми розвитку ядерної енергетики України, шляхи їх вирішення.

The basic ways of increase of safety, reliability and efficiency of exploitation of power units of Ukrainian NPP are considered. Experience of NPP exploitation in the USA is thus analyzed. It is set that considerable part of violations in-process power units of Ukrainian NPP is related to insufficient reliability of electrical engineering equipment, in particular, turbogenerators of TVV-1000-2U3. The basic problems of development of nuclear energy of Ukraine, way of their decision are set.

Григорий Михайлович Федоренко, доктор технических наук, руководитель Отделения безопасной эксплуатации АЭС Института проблем безопасности АЭС НАН Украины, тел./факс 454-24-16, E-mail: gmf@ied.org.ua

Олег Георгиевич Кенсицкий, кандидат технических наук, заведующий отделом Надежности электротехнического оборудования энергоблоков АЭС Института проблем безопасности АЭС НАН Украины, тел. 454-24-68, E-mail: snl@ied.org.ua

Владимир Алексеевич Саратов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института электродинамики НАН Украины, тел. 454-24-68, E-mail: snl@ied.org.ua