

**Keywords:** electricity consumption, management, prediction, controlled load consumers, optimization, accounting, control.

1. Prakhovnik A.V. Problemy, metody i zasoby upravlinnya vykorystanniam elektrichoyi energii/ Prakhovnik A.V., Nakhodov V.F. – Naukovi visti NTUU “KPI” - № 1. – 1997.- S. 41-48.
2. Prakhovnik A.V. Metody i sredstva upravleniya elektropotrebleniem/ Prakhovnik A.V. – Broshura obshch-va “Znaniye” USSR, - K.-1981,-25 s.
3. Prakhovnik A.V. Avtomatizatsiya upravleniya elektropotrebleniem/ Prakhovnik A.V. – Vishcha shkola, Kiev, 1986,- 76 s.
4. Prakhovnik A.V. Energoberegayushchiye rezhimy elektrosnabzheniya gornodobivayushchikh predpriyatiy/ Prakhovnik A.V., Rozen V.P., Degtyariov V.V. - M., - Nedra.- 1985,- 232 s.
5. Ye. M. Inshekov. Optymizatsiya rezhimiv elektrospozhyvannya pidpriemstv khimichnoyi promislovosti/ Ye. M. Inshekov, I.V.Kalinchuk. - Tekhnika v silskogospodarskomu vyrobnytvstvi, galuzeve mashynobuduvannya, avtomatizatsiya: zb. nauk. prats KNTU. - 2012. - № 25, Chastina II. – S. 121 – 125.
6. V.P.Kalinchuk. Metod rozpodilu energoresursiv mizh spozhivachamy/V.P.Kalinchuk, V.P., Rozen, A.V.Skachok - Tekhnika v silskogospodarskomu vyrobnytvstvi, galuzeve mashynobuduvannya, avtomatizatsiya: zb. nauk. prats KNTU. - 2012. - № 25, Chastyna II. – S. 52 – 57.
7. Prachovnik A.V. K upravleniyu elektropotrebleniem v usloviyah defitsita energoresursov/ Prachovnik A.V., Kalinchuk V.P. Ekel P.Ya. – Izhv. Vuzhov SSSR. Energetika. - 1986,- № 10,- S.12-15.
8. A.V. Prachovnik. Systemy obliku elektroenergiyi v umovakh funktsionuvannya Smart Grid tekhnologiy/ A.V. Prachovnik, V.P.Kalinchuk, A.V.Voloshko, O.V.Kotsar – Pratsy instytutu elektrodynamiky Natsionalnoyi akademiyi nauk Ukrayiny. Zbirnik naukovykh prats. Spetsialniy vipusk. Chastyna 2, 2011.- S.14-22.

УДК 621.311.153

В.П.КАЛИНЧИК

#### МЕТОДОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В статье рассмотрена методология управления режимами электропотребления промышленных объектов, включая краткосрочное прогнозирование режимов электропотребления, оперативное управление электропотреблением, построение комплексов технических средств контроля и управления использованием электрической энергии.

**Ключевые слова:** электропотребление, управление, потребители-регуляторы, оптимизация, учет, контроль.

УДК 621.039.532

В.І. КОНЫШИН, Р. А. СТРЕМЕДЛОВСЬКИЙ

#### ОГЛЯД НОВІТНІХ РОЗРОБОК ПАСИВНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ АЕС ІЗ ВОДО-ВОДЯНИМИ РЕАКТОРНИМИ УСТАНОВКАМИ

В даній статті проведено короткий огляд сучасного стану розвитку пасивних систем безпеки АЕС з водо-водяними реакторними установками, як на теренах СНД так і в цілому у світі. В роботі розглянуті пасивні системи аварійного охолодження активної зони та відведення залишкового тепловиділення. В статті представлені та описані елементи пасивних систем безпеки для АЕС з реактором типу ВВЕР-1000/В-392. Також в статті проведено огляд елементів пасивних систем безпеки для реакторів типу Advanced Passive (AP), EP-1000, APWR+ та IRIS. Сформульовані висновки та завдання комплексного дослідження з обґрунтування пасивних систем безпеки АЕС нового покоління на основі світового досвіду проектування та експлуатації атомних станцій.

**Ключові слова:** активна зона, корпус реактора, пасивні системи безпеки, контайнмент, залишкові тепловиділення.

**Вступ.** Аварії на атомних електростанціях (АЕС) відрізняються від аварій на звичайних станціях тим, що вони можуть привести до викиду в навколишнє середовище значної кількості радіоактивних речовин, викид яких має надзвичайно серйозні наслідки. Більша частина радіоактивних речовин перебуває в паливній композиції твєлів і їх вихід можливий при сильному ушкодженні або плавленні оболонок. Перегрів палива відбувається в тому випадку, якщо тепловиділення у твєлах перевищує інтенсивність тепловідводу [1].

Забезпечення безпеки при виникненні аварійних режимів здійснюються введенням до складу АЕС спеціальних систем, призначених для попередження аварій і обмеження їх наслідків.

Розрізняють активний і пасивний принципи дії систем безпеки.

Активний принцип дії характеризується тим, що для виконання заданої функції необхідно забезпечити ряд умов (наприклад, подати команду на відключення, включення, забезпечити постачання енергією, середовищем і т.д.). Як правило, пристрої активного типу складні по конструкції і мають численні зв'язки з іншими системами, від яких залежить їхня працездатність. При пасивному принципі дії для виконання заданої функції не потрібна робота інших систем і пристроїв.

Пасивні системи функціонують під дією впливів, що безпосередньо виникають внаслідок вихідної події. Як правило, такі системи характеризуються більш високою надійністю в порівнянні з активними.

**Пасивні системи аварійного охолодження активної зони та відведення залишкового тепловиділення.** На АЕС із пасивними системами безпеки у випадку проектної аварії не потрібна участь оператора протягом тривалого часу після її настання. Пасивні системи використовують тільки фізичні процеси, такі як гравітація, природня конвекція та ін.

На основі огляду проектів АЕС нового покоління, проведених МАГАТЕ [2], і публікацій [3, 4], комплексні пасивні системи безпеки по призначенню, часу активації й тривалості функціонування можна розділити на чотири самостійні системи:

- систему відводу залишкового тепловиділення, що діє, головним чином, при знеструмленні АЕС і при аваріях з малими й середніми течами;
- систему охолодження активної зони, що діє при аваріях із середніми й великими течами;
- систему охолодження контайнмента у всіх випадках течі теплоносія з першого й другого контурів;
- систему охолодження активної зони водою аварійного басейну, що утворюється в контайнменті при аваріях з великими течами (система тривалого розхолодження).

**Відведення залишкового тепловиділення від активної зони після аварії із втратою теплоносія.** Для запобігання подальшої деградації АкЗ при аваріях з малими течами при знеструмленні АЕС до системи першого контуру пред'являються наступні вимоги:

- активна зона не повинна бути «оголена» і залишкова теплота повинна відводитись від першого контуру;
- для запобігання росту тиску в контайнменті, необхідне його охолодження.

**Пасивне відведення залишкової теплоти від контайнмента.** Усі контайнментні системи використовують пасивний тепловідвід, який забезпечується пристроями усередині контайнмента і його стінами. Дані пристрої поглинають теплоту більш високого рівня генерації, миттєво після аварійного зупину й обмежують тиск у контайнменті. Згодом, ці поглиначі теплоти «насихуються» (досягають рівноважних температур з атмосферою контайнмента), ступінь тепловідводу стає нижче й системи охолодження контайнмента можуть повністю не справлятися з функцією відводу залишкової теплоти. Таким чином, зменшується потужність, необхідна для охолодження контайнмента.

Незважаючи на різноманіття систем безпеки, усім проектам властиві загальні риси:

- у більшості систем розглядається кипіння й конденсація для того, щоб одержати високі швидкості тепловіддачі при умовах природньої циркуляції.

- вода, запасена в басейнах (у гідроємностях) усередині контайнмента, забезпечує добовий тепловідвід, і потрібна інша система, що дозволяє повністю відвести тепло з контайнмента (двоступінчастий процес). Басейни (гідроємності), розташовані поза контайнмента можуть забезпечувати тепловідвід протягом досить тривалого періоду часу, який залежить від запасу води в цих басейнах (гідроємностях).

- у випадку аварій без ушкодження системи першого контуру залишкове тепловиділення може зніматися теплоносієм першого контуру в теплообмінниках або холодильниках (конденсаторах), занурених у басейни усередині контайнмента.

**Пасивні системи безпеки реактора ВВЕР-1000 з РУ В-392.** Інститутом "Атоменергопроект" (м. Москва) разом з ОКБ "Гідропрес" і РНЦ "Курчатовський інститут" розроблений проект АЕС нового покоління з реакторною установкою ВВЕР-1000/В-392 [5]. Спорудження двох енергоблоків по цьому проекту передбачається на 2-ій черзі НВАЕС, добудуванню енергоблоків №3, №4 ХАЕС, а основні

рішення по безпеці вже використовуються в проекті АЕС "Куданкулам" в Індії. Основною відмінністю організації систем безпеки даного проекту АЕС є широке використання пасивних засобів захисту, заснованих на природних фізичних принципах.

Нові пасивні системи, реалізовані в проекті АЕС із РУ В-392 показані на рисунку 1.

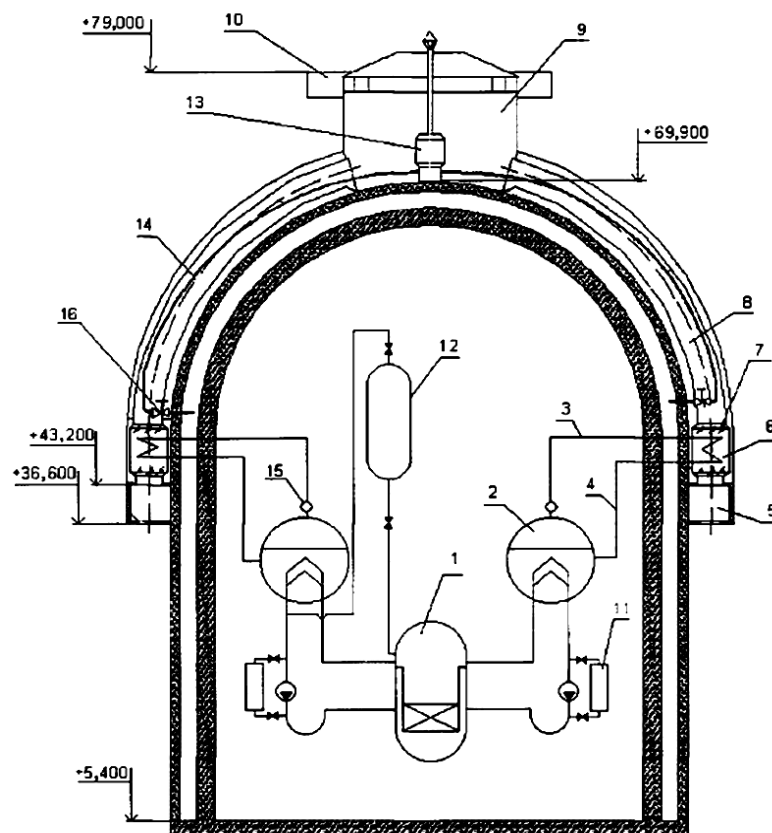


Рис.1. Технологічна схема ПСБ РУ В-392:

- 1 - реактор; 2 - ПГ; 3 - трубопровід підведення пари до СПВТ; 4 - трубопровід відводу конденсату;  
 5 - вхідний кільцевий колектор; 6 - теплообмінник СПВТ; 7 - шибери СПВТ;  
 8 - тягова шахта СПВТ; 9 - вихідний колектор СПВТ; 10 - дефлектор; 11 - СШВБ; 12 - ГЕ-2;  
 13 - фільтрувальна установка; 14 - труба-теплообмінник ПСФ; 15- паровий колектор;  
 16 - вентиль ПСФ.

**Пасивні системи безпеки реакторів типу Advanced Passive (AP).** Компанією WestinghouseElectricCo. був розроблений проект удосконаленої АЕС AP-600 електричною потужністю 600 МВт [6]. Для підвищення безпеки станції й задоволення ліцензійним вимогам, що діють у США, у даному проекті широко використовуються пасивні системи безпеки. Використання таких систем значно спростило конструкцію РУ, підвищило її надійність і безпеку.

Пасивна система аварійного підживлення, яка використовується в AP-600, виконує дві функції - відвід залишкового тепловиділення й контроль запасу теплоносія першого контуру.

**Пасивні системи безпеки реактора EP-1000.** Європейські енергетичні компанії разом з компаніями WestinghouseElectricCo. і AnsaldoNucleare (Italy) розробили проект удосконаленої АЕС EP-1000, що задовольняє європейським вимогам по безпеці (EuropeanUtilitiesRequirements - EUR) [7]. Проект реактора EP-1000 близький до конструкції реактора SPWR (SimplifiedPressurizedWaterReactor) компанії Westinghouse [8] у частині систем безпеки й контайнмента, у той час як реактор AP-600 послужив прототипом у плані компонування станції й конструкції допоміжних систем. Основною відмінністю від реакторів серії AP є використання трьохпетлевої схеми першого контуру.

Основними пасивними системами безпеки реактора EP-1000 є:

- пасивна система охолодження АкЗ (PCS);
- автоматична система скидання тиску (ADS);
- пасивна система охолодження контайнмента (PCS).

**Пасивні системи безпеки реактора APWR+.** Енергетичні компанії Японії разом з компанією МНІ (MitsubishiHeavyIndustries, Ltd) розробили проект удосконаленого реактора APWR+ електричною

потужністю 1700 МВт. АЕС із цим реактором представляє собою подальший розвиток АЕС з APWR (AdvancedPressurisedWaterReactor) [9].

Схема систем безпеки реактора APWR+ представлена на рисунку 2.

Пасивна частина системи безпеки містить у собі наступні елементи:

- удосконалений бак для вприску розчину борної кислоти (*AdvancedBoronInjectionTank - ABIT*) призначений для охолодження АкЗ і приведення її в підкритичний стан;
- удосконалений гідроакумулятор із пристроєм для профілювання витрати (*AdvancedAccumulator - AAcc*) необхідний для заливу АкЗ у початковий період аварії;
- пасивна система відводу залишкових тепловиділень від АкЗ із використанням ПГ (*PassiveCoreCoolingSystemusing SG*), метою роботи якої є розхолодження реактора у випадку наявності високого тиску в першому контурі, тобто при аваріях з малою течею;
- пасивна система заливу реактора й навколореакторного простору з басейну перевантаження ядерного палива під дією сили ваги (*GravityInjectionPit*), призначена для довготривалого охолодження реактора в останній стадії аварії, після вирівнювання тисків першого контуру й контейнмента.

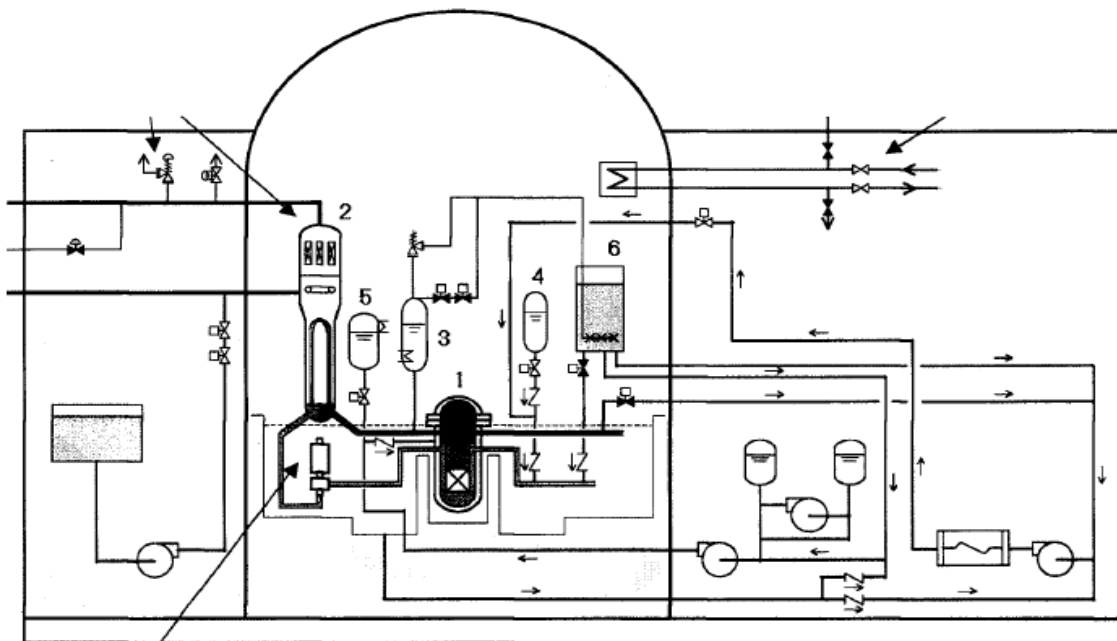


Рис. 2. Системи безпеки реактора APWR+

1 - реактор, 2 - ПГ, 3 - компенсатор тиску, 4 - удосконалений гідроакумулятор, 5 - удосконалений бак для вприскування борної кислоти, 6 - басейн перевантаження

Якщо останні дві системи використовуються в інших проектах АЕС нового покоління (AP-600, AP-1000, EP-1000 і ін.), то вдосконалений бак для вприску розчину борної кислоти й гідроакумулятор із пристроєм для профілювання витрати є новими системами.

**Пасивні системи безпеки реактора IRIS.** АЕС із реактором IRIS (InternationalReactor, InnovativeandSecure) являє собою проект реактора потужністю 1000 МВт 4-го покоління (Generation IV PWR) по західній класифікації. Його розробка була почата в 1999 р. з ініціативи департаменту енергетики США (US DOE). Розробка проекту ведеться міжнародним консорціумом на чолі з компанією Westinghouse [10].

Основною особливістю реактора IRIS є використання інтегрального корпусу реактора (*IntegralReactorPressureVessel - RPV*), у якому перебувають активна зона, ГЦН, компенсатор тиску й парогенератори. Дана конструкція дозволяє уникнути багатьох аварійних ситуацій, зокрема тут неможлива аварія з великою течею (LB LOCA), тому що фактично відсутні головні циркуляційні трубопроводи. За розрахунками розроблювачів, пасивні системи безпеки реактора забезпечують постійне знаходження АкЗ під рівнем води при аварії, навіть при відсутності зовнішнього підживлення.

Пасивна частина системи безпеки реактора IRIS представлена наступними елементами:

- автоматична система скидання тиску з корпусу реактора (*ADS*);
- пасивна аварійна система відводу залишкових тепловиділень (*PEHRS*);
- система довготривалого підживлення активної зони (*LTCMS*);
- система контейнмента (*ContainmentSystem*);

— пасивна система охолодження контайнмента (*PCCS*).

Пасивна аварійна система відводу залишкових тепловиділень відводить тепло прямо з корпусу реактора за допомогою природної циркуляції, використовуючи для цього внутрішньокорпусні парогенератори. Дана система складається із чотирьох каналів. Кожний канал містить два парогенератори, теплообмінник, занурений у бак для перевантаження палива, підживлювальний бак для парогенератора, а також трубопроводи й арматури. Робота пасивної аварійної системи відводу залишкових тепловиділень забезпечує конденсацію пари з корпусу реактора, повернення конденсату й зниження тиску в корпусі, тим самим обмежуючи витік у простір контайнмента. Дана система здатна забезпечити надійне охолодження реактора протягом трьох діб без втручання оператора й підживлення від зовнішніх джерел [11]. Запобіжні клапана автоматичної системи скидання тиску з корпусу реактора забезпечують вирівнювання тиску між реактором і простором контайнмента, тим самим припиняючи витік теплоносія з першого контуру перше ніж активна зона оголиться.

Система контайнмента реактора IRIS складається із захисної оболонки, яка так само виконує функції зниження тиску й заливу шахти реактора. Функція зниження тиску реалізується за допомогою басейнів-барботерів, призначених для конденсації пари у своєму обсязі. Також водою з басейнів-барботерів можна заповнити шахту реактора й забезпечити надійне охолодження корпусу реактора.

Система довгочасного підживлення активної зони призначена для заливу активної зони під дією сили ваги. Залив можливий як з басейнів-барботерів, так і із простору шахти реактора. Система включається в роботу при дуже сильному падінні рівня теплоносія в активній зоні.

Пасивна система охолодження контайнмента призначена для недопущення росту тиску під захисною оболонкою вище 1,4 МПа за допомогою повітряного й водяного охолодження зовнішньої поверхні контайнмента. Дана система аналогічна системі охолодження контайнмента реактора AP-600.

**Висновки та завдання комплексного дослідження з обґрунтування пасивних систем безпеки АЕС нового покоління на основі світового досвіду проектування та експлуатації атомних станцій.** Огляд літературних джерел дозволив виявити різноманітність конструкторських і схемних рішень, використаних у пасивних системах безпеки водо-водяних реакторних установках.

В наш час підвищилися вимоги до забезпечення безпеки АЕС. Для нових проєктів АЕС із РУ ВВЕР контрольними органами (МАГАТЕ, ДКЯРУ) поставлене завдання досягти більш високих показників безпеки.

Основним принципом забезпечення безпеки є глибокоцешелонований захист. Забезпечення безпеки досягається за рахунок створення бар'єрів на шляху поширення радіоактивних продуктів розподілу й збереження цих бар'єрів.

До пасивних систем безпеки АЕС відносяться:

- система пасивного відводу залишкової теплоти від парогенератора (*СПОТ ПГ*);
- система охолодження активної зони (*САОЗ ГЕ*);
- система гідроємностей другого ступеня (*ГЕ-2*);
- система видалення неконденсованих газів, з трубчаткі ПГ (*СУНГ*);
- пасивна система швидкого введення бору (*СБВБ*);
- пасивна система фільтрації протікань з контайнмента (*ПСФ*);
- пасивна система видалення водню із зони локалізації;
- система утримання розплавленої активної зони реактора.

Надійне виконання функцій безпеки забезпечується за рахунок резервування та різноманітності фізичних принципів дії в системах, що виконують функції безпеки. Комбінація активних і пасивних систем безпеки може забезпечити кращі показники захисту реакторної установки.

Для експериментального обґрунтування пасивних систем безпеки як в Україні, Росії, так і за кордоном створене досить багато великомасштабних стендів (PANDA, LSTF, BETHSY, ПСБ-ВВЕР, ИСТ (ЕЦ), ГЕ-2), на яких проводиться обґрунтування пасивних систем безпеки й визначаються замикаючі співвідношення для верифікації розрахункових кодів. Експериментальне обґрунтування пасивних систем, отриманих на інтегральних стендах при обґрунтуванні натурної установки ускладнено. Відхилення параметрів процесів, отриманих в експериментах від натурних параметрів, можуть бути виявлені шляхом застосування методів масштабування. При детальному аналізі експериментальних і розрахунково-аналітичних робіт виникають питання по обґрунтуванню як нових пасивних систем (наприклад, система ГЕ-2, система ПСФ, система СПОТ і ін.), так і вже спроектованих пристроїв. Інтенсивна робота дослідників в області захисту реакторних установок від наслідків аварійних процесів дозволила визначити вразливі місця існуючих проєктів.

З огляду літератури можна сформулювати проблеми, які вимагають подальшого розгляду, а саме:

— теплогідрравлічні обґрунтування проєктних функцій пасивної системи затоплення активної зони реактора;

- дослідження в обґрунтування системи пасивної фільтрації;
- працездатність системи пасивної локалізації наслідків важкої аварії;
- дослідження в обґрунтування виходу водню в результаті парацирконієвої реакції;
- розробка і обґрунтування системи утримання розплаву корпусу реактора при важких аваріях.

Комплексні дослідження процесів в пасивних системах безпеки необхідні як для надійного обґрунтування працездатності пристроїв, так і для розвитку атомної енергетики у світі в цілому.

#### Література

1. Status of advanced light water reactor designs 1996: IAEA-TECDOC-968. - Vienna, Austria, September, 1997.
2. Eighth International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-8). - Baltimore, USA, April 2-6, 2000.
3. Byun C.S., Yerng D.W., Todreas N.E., Driscoll M.Y. Conceptual design and analysis of a semi-passive containment cooling system for a large concrete containment // Nuclear Engineering and Design. - 2000. - Vol. 199.
4. Bukin N.V., Borisov N.H., Gromov A.L. Fil' N.Ye., Shumskiy A.M. Vliyaniye passivnykh sistem na protekaniye tipichnykh zaproyektnykh avariyy RU V -392 / / Sb. trudov 2- oy Vserossiyskoy nauchno - tekhnicheskoy konferentsii « Obespecheniye bezopasnosti AES s VVER ». - Podol'sk, noyabr' 19-23, 2001.
5. Berkovich Y.M., Malyshev A. B., Taranov G.S. et al. Ensuring integrity and functional capability of the containment under beyond design basis accident in the design of new generation NPP with WWER-1000// ICONE-10: Proc. 10<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Arlington, VA, April 14-18, 2002. - Paper ICONE-22394.
6. Tower S.N., Schulz T.L., Passive and simplified system features for the advanced Westinghouse 600 MWe PWR // Nuclear Engineering and Design. - 1988. - Vol. 109.
7. King K.J. et al European passive plant (EP-1000) design status // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9564.
8. Nitta Takashi, Tanaka Toshihiko et al. Development of APWR+ // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9173.
9. Takahashi H., Ogawa J., Tohyama M. et al. Development of advanced boron injection tank for hybrid safety system for next generation PWR // ICONE-5: Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, May 26-30, 1997. - Paper ICONE- 2320.
10. Conway L.E., Lombardi C., Ricotti M., Oriani L. Simplified safety and containment systems for the IRIS reactor // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9068.
11. Kupitz J., et al. Global trends in advanced reactor developments and the role of the IAEA // IYNC 2000: Proc. Int. Youth Nuclear Congress. - Bratislava, Slovakia, April 9-14, 2000.

V. KONSHIN, R. STREMEDLOVSKYI

#### THE OVERVIEW OF THE LATEST DEVELOPMENTS OF PASSIVE SAFETY SYSTEMS FOR NPP WITH PRESSURIZED WATER REACTORS

This article gives a brief overview of the current state of passive safety systems development for NPP with pressurized water reactors in the CIS as well as in the whole world. The passive systems of reactor cooling and heat removal are presented. The article presents and describes the elements of passive safety systems for NPP with WWER-1000/V-392. This article also gives an overview of the elements of passive safety systems for Advanced Passive (AP) reactors, EP-1000, APWR+ and IRIS. The article presents the formulated conclusions and tasks of the comprehensive feasibility study of the passive safety systems for the new generation of nuclear power plants. The study is based on international experience in design and operation of nuclear power plants.

**Keywords:** core, reactor vessel, passive safety systems, containment vessel, the residual heat.

1. Status of advanced light water reactor designs 1996: IAEA-TECDOC-968. - Vienna, Austria, September, 1997.
2. Eighth International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-8). - Baltimore, USA, April 2-6, 2000.
3. Byun C.S., Yerng D.W., Todreas N.E., Driscoll M.Y. Conceptual design and analysis of a semi-passive containment cooling system for a large concrete containment // Nuclear Engineering and Design. - 2000. - Vol. 199.
4. Bukin N.V., Borisov N.H., Gromov A.L. Fil' N.Ye., Shumskiy A.M. Vliyaniye passivnykh sistem na protekaniye tipichnykh zaproyektnykh avariyy RU V -392 / / Sb. trudov 2- oy Vserossiyskoy nauchno - tekhnicheskoy konferentsii « Obespecheniye bezopasnosti AES s VVER ». - Podol'sk, noyabr' 19-23, 2001.

5. Berkovich Y.M., Malyshev A. B., Taranov G.S. et al. Ensuring integrity and functional capability of the containment under beyond design basis accident in the design of new generation NPP with WWER-1000// ICONE-10: Proc. 10<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Arlington, VA, April 14-18, 2002. - Paper ICONE-22394.
6. Tower S.N., Schulz T.L., Passive and simplified system features for the advanced Westinghouse 600 MWe PWR // Nuclear Engineering and Design. - 1988. - Vol. 109.
7. King K.J. et al European passive plant (EP-1000) design status // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9564.
8. Nitta Takashi, Tanaka Toshihiko et al. Development of APWR+ // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9173.
9. Takahashi H., Ogawa J., Tohyama M. et al. Development of advanced boron injection tank for hybrid safety system for next generation PWR // ICONE-5: Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, May 26-30, 1997. - Paper ICONE- 2320.
10. Conway L.E., Lombardi C., Ricotti M., Oriani L. Simplified safety and containment systems for the IRIS reactor // ICONE-9: Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conference on Nuclear Engineering. - Nice, France, April 8-12, 2001. - Paper ICONE-9068.
11. Kupitz J., et al. Global trends in advanced reactor developments and the role of the IAEA // IYNC 2000: Proc. Int. Youth Nuclear Congress. - Bratislava, Slovakia, April 9-14, 2000.

УДК 621.039.532

В.И. КОНЬШИН, Р. А. СТРЕМЕДЛОВСКИЙ

### ОБЗОР НОВЕЙШИХ РАЗРАБОТОК ПАССИВНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС С ВОДО-ВОДЯНЫМИ РЕАКТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

В данной статье проведен краткий обзор состояния развития пассивных систем безопасности АЭС с водо-водяными реакторными установками, как на территории СНГ так и мира в целом. В работе рассмотрены пассивные системы аварийного охлаждения активной зоны и отвода остаточного тепловыделения. В статье представлены и описаны элементы пассивных систем безопасности для АЭС с реактором типа ВВЭР-1000/В-392. Также в статье проведен обзор элементов пассивных систем безопасности реакторов типа Advanced Passive (AP), EP-1000, APWR + и IRIS. Сформулированы выводы и задачи комплексного исследования по обоснованию пассивных систем безопасности АЭС нового поколения на основе мирового опыта проектирования и эксплуатации атомных станций.

**Ключевые слова:** активная зона, корпус реактора, пассивные системы безопасности, контайнмент, остаточные тепловыделения.

УДК 502.7:504.05:665.612:658.26

В.П. РОЗЕН, С. В. ВДОВЕНКО

### СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВТРАТ ВУГЛЕВОДНЕВИХ РЕСУРСІВ НА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ЗАВОДАХ

В статті описана функціональна хімотологічна модель системи управління енергоефективністю і основні етапи впровадження та функціонування системи моніторингу втрат вуглеводневих ресурсів на нафтопереробних заводах. Дана система сприяє ефективному керуванню установками перероблення вуглеводнів, що, в свою чергу, скорочує витрати на енергоносії, сировину нафтопереробних заводів та надає можливість для отримання більш якісних нафтопродуктів при зменшенні антропогенного впливу на навколишнє природне середовище.

**Ключові слова:** енергозбереження, енергоефективність, паливно-енергетичні ресурси, моніторинг втрат вуглеводневих ресурсів, нафтопереробний завод, функції управління, SCADA.

**Вступ.** В економіці будь-якої країни технології енергозбереження розглядаються як пріоритетні інвестиційні проекти у виробництво. В умовах обмеженої забезпеченості України первинними та вторинними енергоносіями нагальною постає проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Підвищення ефективності використання вуглеводневих ресурсів натеper – це один із найреальніших напрямів вирішення енергетичних і екологічних проблем водночас.