

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет



II-а Міжнародна наукова конференція

**ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА  
ДІАГНОСТИКА В  
ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ**

(ВКДТС - 2013)

Збірник тез доповідей



Вінниця  
29-31 жовтня 2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ  
СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

MEASUREMENT, CONTROL AND DIAGNOSIS  
IN TECHNICAL SYSTEMS

ДРУГА МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА  
В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ (ВКДТС -2013)»

Збірник тез доповідей

29-30 жовтня 2013 р.

ВНТУ  
ВІННИЦЯ  
2013

УДК 621.3.08  
ББК 30.607

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки

Головний редактор: **В.В.Грабко**

Відповідальний за випуск: **Кучерук В.Ю.**

Рецензенти: **Столярчук П.Г.**, доктор технічних наук, професор  
**Кухарчук В.В.**, доктор технічних наук, професор

Друга міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС -2013), 29-30 жовтня, 2013 р. Збірник тез доповідей. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс і К», 2013. – 288 с.

**ISBN 978-966-2462-35-7**

У збірнику опубліковано матеріали конференції, присвяченої проблемам теоретичних основ вимірювань, контролю та технічної діагностики, інформаційно-вимірювальних технологій та метрології.

УДК 621.3.08  
ББК 30.607

**ISBN 978-966-2462-35-7**

© Вінницький національний технічний університет, 2013  
© Учбово-науковий центр «Паллада», 2013

## Пам'яті Володимира Олександровича Поджаренка



13 листопада 1949 року в м. Вінниці народився визначний український вчений-метролог, організатор і сподвижник української освіти і науки, учитель і наставник багатьох молодих науковців, відданий патріот України, доктор технічних наук, професор **Володимир Олександрович Поджаренко**.

У 1967 році він закінчив Вінницьку середню школу, а у 1972 році – Київський політехнічний інститут за спеціальністю «Радіотехніка», кваліфікація: радіоінженер.

Після закінчення інституту працював на посадах інженера, молодшого наукового співробітника Вінницького філіалу Київського політехнічного інституту, а з 1 вересня 1973 року став асистентом кафедри електровимірювань та промислової електроніки цього філіалу (нині Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)), а згодом і професором. Після засновника наукової школи Віктора Тихоновича Малікова став завідувачем кафедри метрології та промислової автоматики.

У 1980 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Вчене звання доцента одержав в 1989 році. В 1995 році захистив докторську дисертацію на тему: "Дослідження та розробка інтелектуальних вимірювальних систем характеристик електромеханічних перетворювачів енергії". В 1998 році йому присвоєно вчене звання професора кафедри метрології та промислової автоматики, а у 1994 році – академіка Української технологічної академії, Подільське регіональне відділення якої він і очолював.

Творчий доробок професора Поджаренка В.О. – понад 200 наукових праць та навчально-методичних робіт, в тому числі 52 винаходи, що захищені авторськими свідоцтвами і патентами, 17 навчальних посібників, п'ять з яких мають гриф Міністерства освіти і науки України, 3 монографії. Співорганізатор декількох та учасник понад 50 Міжнародних наукових і науково-практичних симпозіумів, конференцій, семінарів із проблем метрології, стандартизації, сертифікації та енергозберігаючих технологій.

Був членом двох спеціалізованих вчених рад по захисту докторських дисертацій, редакційних колегій журналів «Вісник ВПІ», «Вісник національного університету "Львівська політехніка"» (серія "Метрологія та вимірювальна техніка"), науково-технічної

шупових приладів (профілометри і профілографи). Числові значення параметрів шорсткості визначаються або безпосередньо за шкалою приладу (профілометри), або за збільшеними зображеннями профілю або записаною профілограмою розрізу. При контактних методах вимірювання шорсткості поверхні за контрольованою поверхні переміщається алмазна або сталева голка (з радіусом заокруглення  $1 + 12$  мкм). При цьому вона здійснює мікропереміщення за напрямом своєї осі, відповідні зміни профілю поверхневих нерівностей. Ці мікропереміщення посилюються і реєструються відліковими пристроями. Профілографи дозволяють автоматично отримати збільшену запис мікропрофілю поверхні у вигляді профілограм.

Найбільш інформативним стандартним параметром, що дозволяє найбільш повно оцінити мікрогеометрію поверхонь, є відносна опорна довжина профілю  $r_p$ , але для цього її потрібно задавати на декількох рівнях. Автоматизоване визначення цього параметра забезпечує профілограф - профілометр М-201, який в даний час найчастіше використовуються технологічними лабораторіями. Прилад має мале вимірювальне зусилля (не більше 1 мН при градієнті зусилля до 5 мкН/мкм), завдяки чому можна вимірювати параметри шорсткості деталей з покриттями без їх пошкодження, деталей з кольорових металів, пластмас та інших неметалевих матеріалів. Прилад оцінює параметр шорсткості  $R_a$  в межах від 0,04 до 8 мкм на базових довжинах від 0,08 до 2,5 мм і записує профіль з висотою нерівностей від 0,05 до 20 мкм на прямолінійних трасах поверхонь (площин, що утворюють циліндрів, конусів і т.п.). Похибка показань приладу не перевищує  $\pm 10\%$ , а похибка запису -  $\pm 4\%$ . Він дозволяє провести запис профілю плоскою і циліндричною поверхонь уздовж твірної на довжині до 40 мм; в отворах діаметром 8 ... 20 мм - на глибини до 10 мм, а в отворах діаметром 20 ... 45 мм - до 100 мм. Прилад забезпечується пристосуванням для запису хвилястості поверхні. За профілографами, записуванням на електротермічної папері шириною 80 мм, можна визначити всі нормовані ГОСТ 2789-73 параметри шорсткості поверхні зазначених поверхонь. Принцип дії індуктивного перетворювача розглянемо на прикладі профілографа - профілометра моделі 201. Електрична частина приладу включає датчик, електронний блок з показуючий приладом і записуючим приладом. Магнітна система датчика складається з подвійного Ш - подібного сердечника з двома котушками. Котушка датчика і дві половини первинної обмотки диференціального вхідного трансформатора утворюють балансний міст, живлення якого здійснюється від генератора звукової частоти. При переміщенні датчика відносно досліджуваної поверхні алмазна голка, ошуючи нерівності поверхні, здійснює коливання, приводячи в коливальний рух ярів. Коливання ярів змінює повітряні зазори між ярком і сердечником, що визиває зміну напруги на виході диференційного трансформатора. Отримані коливання напруги підсилюються електронним блоком, на виході якого підсилюються показуючий і записуючий прилади.

В роботі здійснено аналіз контролю шорсткості поверхонь основними методами. Наведено принцип роботи високочутливого приладу М-201 для визначення шорсткості поверхні з високою точністю.

#### Список літературних джерел

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. - М.: Машиностроение, 2000.
2. Крилова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. - М.: Юрайт, 2003.
3. Лифиц И.М. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. - М.: Юрайт, 2004.
4. Мягков В.Д. Допуски и посадки: Справочник. - М.: Машиностроение, 1983.
5. Сергеев А.Г., Крахин В.В. Метрология. - М.: Логос, 2001.
6. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. - М.: Высш.шк., 2002.

В.Г. Петрук, д.т.н., проф.; І.В. Васильківський, к.т.н.; С.М. Кватернюк, к.т.н.;  
С.В. Міський

#### ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ АЕРОЗОЛЬНОГО ВИКИДУ ХАЕС

Ключові слова: аерозоль, радіонукліди, концентрація забруднюючих речовин.

Атомна енергетика є одним із пріоритетних шляхів отримання електроенергії. Водночас, як і будь-яке виробництво, експлуатація атомної електростанції включає і утворення радіоактивних відходів. У процесі експлуатації АЕС і зокрема ХАЕС неминуче утворення газоподібних, твердих і рідких продуктів, що містять у своєму складі радіоактивні елементи [1].

Джерелами радіоактивності в першому контурі енергоблоку є:

- продукти розпаду ядерного палива;
- продукти корозії конструкційних матеріалів;
- продукти активації.

У нормальних умовах експлуатації реакторної установки будь-який вихід елементів з під оболонки твєлів або часткове руйнування цієї оболонки призводить до потрапляння деякої кількості продуктів поділу в теплоносії першого контуру.

Тритій, який знаходиться в теплоносії першого контуру, є особливо важливим компонентом цих продуктів активації. Вихід тритію з води першого контуру можливий при:

- організованих протіканнях;
- зливах води першого контуру в баки зливу води першого контуру.

Тритій  $^3\text{H}$  - радіоактивний ізотоп водню з періодом напіврозпаду 12,34 року. У реакторах АЕС з ВВЕР тритій утворюється:

- безпосередньо при поділі ядер палива як продукт потрійного поділу;
- в результаті взаємодії нейтронів з ядрами дейтерію;
- в результаті різних реакцій швидких нейтронів з конструкційними матеріалами активної зони реактора;
- в результаті активації борної кислоти в теплоносії першого контуру.

Розчинені продукти ділення і активації виводяться з теплоносія за рахунок процесів іонного обміну, в результаті яких утворюються забруднені іонообмінні смоли установок спецвдоочистки (СВО). В результаті періодичної заміни цих смол утворюються як рідкі, так і тверді радіоактивні відходи.

Процес поведження з радіоактивними середовищами на установках СВО, розташованих у спецкорпусі, призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ) всіх трьох форм.

Допустимі протікання в парогенераторі теплоносія першого контуру в другий контур ведуть до утворення радіоактивно забруднених вод цього контуру. Газ, які накопичуються в першому контурі під час експлуатації, виводяться з нього. Це призводить до утворення потоку газоподібних викидів. Такі викиди зазвичай включають в себе тритієву водяну пару, благородні гази, аерозолі та інші газоподібні частинки.

Під час щорічної зупинки реактора проводиться скидання тиску із систем охолодження, кришка реактора знімається і частина паливних збірок виймається і переміщається в басейн витримки для зберігання. Крім виймки відпрацьованого палива, процедури перевантаження палива можуть привести до підвищення виходу рідких радіоактивних відходів (РРВ) і викидів в атмосферу з басейну витримки, шахти ревізії апарату і шахти ревізії блоку захисних труб.

Основними джерелами радіоактивних аерозольних викидів є:

- вентруби реакторного відділення та спецкорпусу, з висотою викиду 100 м;
- ежектор турбоагрегату.

Аерозолі містять довгоживучі нукліди (ДЖН) з  $T_{1/2}$  більше 3 годин і короткоживучі нукліди (КЖН) з  $T_{1/2}$  менше 3 годин. Період напіврозпаду визначає час, а разом з ним і дозу можливого впливу на органи людини. Надходження радіоактивних речовин, що відносяться до аерозолів, відбувається з водою, повітрям і продуктами харчування.

Дані про величину і нуклідний склад викидів ежекторами конденсатора турбіни одного енергоблоку, а також сумарний викид ежекторами турбоагрегатів ХАЕС наведені в таблиці 1. Передбачений термін експлуатації енергоблоків складає 45 років.

Завислі аерозольні речовини, присутні в повітрі, обумовлені також перенесенням пилу і сажі. Їх кількість в атмосферному повітрі залежить від характеру підстилаючої поверхні і від вітрового переносу. Максимальна кількість зважених речовин в повітрі в зоні АЕС спостерігалась в районі ОВК і тепличного господарства (1,66 - 3,7 мг/м<sup>3</sup>), в районі м. Нетішин 3,4 - 7,7 мг/м<sup>3</sup> і в районі с. Комарівка - 1,65 мг/м<sup>3</sup>. В таблиці 2 представлені результати спостережень, виконані ХАЕС в 2009 р.

Таблиця 1 – Середньорічний викид радіонуклідів з вентиляційних труб ХАЕС

Ізотоп	Період напіврозпаду	Викид одного блоку, Кі/добу	Сумарний викид ХАЕС, Кі/добу	Ізотоп	Період напіврозпаду	Викид одного блоку, Кі/добу	Сумарний викид ХАЕС, Кі/добу
Тритій	12,33 років	8,07E-02	3,22E-01	Цирконій-95	64,02 доби	1,19E-07	4,76E-07
Вуглець-14	5730 років	2,79E-08	1,12E-07	Ніобій-95м	3,61 доби	2,01 E-11	8,04E-11
Азот-16	7,13 с	5,34E-01	2,14E+00	Молібден-99	66,02 год	1,47E-10	5,88E-10
Азот-17	4,17 с	7,43E-05	2,98E-04	Ніобій-101	7,1 с	7,61E-09	3,04E-08
Натрій-24	14,97 год	8,33E-08	3,34E-07	Технецій-101	14,2 хв	2,46E-07	9,84E-07
Аргон-41	1,82 год	2,62E-01	1,05E+00	Рутеній-103	39,25 діб	5,13E-10	2,06E-09
Калій-42	12,36 год	2,51E-06	1,00E-05	Родій-103м	56,114 хв	4,68E-08	1,87E-07
Хром-51	27,7 діб	1,68E-08	6,72E-08	Сурьма-129	4,4 год	3,13E-09	1,25E-08
Марганець	312,2 діб	4,15E-10	1,66E-09	Телур-129 м	33,6 доби	3,88E-11	1,55E-10
Залізо-55	2,68 р	5,86E-10	2,34E-09	Олово-130	3,7 хв	2,36E-08	9,44E-08
Кобальт-60	5,27 год	1,17E-09	4,68E-09	Йод-131	8,01 діб	4,77E-05	1,91E-04
Селен-83	22,4 хв	6,88E-09	2,76E-08	Ксенон-131 м	11,97 діб	2,07E+00	8,28E+00
Бром-83	2,39 год	8,34E-07	3,34E-06	Цезій-137	30,20 р	6,85E-07	2,74E-06
Криптон-83 м	1,83 год	6,67E-01	2,66E+00	Барій-137 м	2,552 хв	2,56E-06	1,02E-05
Рубідій-88	17,8 хв	1,99E-02	7,96E-02	Лантан-141	3,92 ч	5,37E-08	2,14E-07
Стронцій-89	50,62 діб	9,22E-09	3,68E-08	Церій-143	33,0 год	5,88E-09	2,36E-08
Ітрій-90	64,26 год	1,03E-11	4,12E-11	Празеодим-144м	7,2 хв	4,04E-12	1,62E-11

Таблиця 2 – Середньомісячні значення приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за даними спостережень Хмельницької АЕС

Місяць	Промплощадка ХАЕС				м. Нетішин			
	район ОВК		район теплиць		район спорткомплексу		район млина	
	Оксид сірки, мг/м <sup>3</sup>	Оксид азоту, мг/м <sup>3</sup>	Оксид сірки, мг/м <sup>3</sup>	Оксид азоту, мг/м <sup>3</sup>	Оксид сірки, мг/м <sup>3</sup>	Оксид азоту, мг/м <sup>3</sup>	Оксид сірки, мг/м <sup>3</sup>	Оксид азоту, мг/м <sup>3</sup>
Середнє за 2010 рік	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02

Джерелами хімічних (нерадіоактивних) викидів в атмосферу є об'єкти і споруди на промисловому майданчику ХАЕС, в яких технологічні процеси супроводжуються виділенням шкідливих газоподібних речовин.

В даний час хімічні викиди в атмосферу на 85 - 90 % складаються з викидів пуско-резервної котельні. Викиди з інших виробничих установок відносно невеликі зважаючи на малу потужності джерел та наявності пристроїв для очищення викидів. Шкідливими складовими хімічних викидів в атмосферу із джерел ХАЕС є: діоксид сірки (сірчистий ангідрид); окис вуглецю; двоокис азоту; аміак; бензол; ксилол; толуол; фенол; марганець та його сполуки; фтористий водень; сажа; залізо та його сполуки; сірководень; хлор; хром та його сполуки; пари сірчаної кислоти.

За результатами проведених досліджень вміст міді, цинку, кадмію в ґрунтах, території, що прилягає до АЕС, перебуває на фоновому рівні. Можливо незначне додаткове забруднення

свинцем ґрунту сільгоспугідь, розташованих поблизу автодоріг, що не призведе до перевищення ГДК забруднюючих речовин у сільгоспродукції.

Деградаційні процеси ґрунтів, пов'язані з будівництвом ВП ХАЕС, поширені лише в зоні промайданчика. Наявність їх у зоні спостереження (ЗС) практично не пов'язане з роботою станції.

У цілому, аналіз фізико-хімічних властивостей ґрунтів регіону показав що, незважаючи на значну строкатість ґрунтового покриву, більшість ґрунтів мають значну буферну стійкість до техногенних навантажень.

Забруднення повітряного басейну в межах СЗ3 і ЗС АЕС викидами шкідливих речовин із джерел АЕС характеризується валовими викидами в річному і секундному розрізі і приземної концентрацією цих викидів в атмосферному повітрі.

Розрахунки приземних концентрацій шкідливих речовин виконувалися на підставі даних в яких були наведені значення секундних викидів з усіх джерел ХАЕС, обсяги і температури витрат газових мас, що викидаються, висот і діаметрів вентиляційних труб, координат джерел викидів.

Результати розрахунків приземних концентрацій шкідливих речовин представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунків приземних концентрацій шкідливих речовин на межі СЗ3

Назва шкідливої речовини	ГДКмр, мг/м <sup>3</sup>	Розрахункове значення ГЛК, мг/м <sup>3</sup> (за межі СЗ3)	Абсолютне знач. концентрації, мг/м <sup>3</sup> (за межі СЗ3)
сірчистий ангідрид	0,5	0,22	0,110
оксид вуглецю	5	0,03	0,150
діоксид азоту	0,2	0,21	0,018
сажа	0,15	0,015	0,002
пил неорганічний	0,3	0,05	0,015
пил деревний	0,1	< 0,01	< 0,001
пил абразивно-металевий	0,4	< 0,01	< 0,004
толуол	0,6	< 0,05	< 0,030
бутилацетат	0,1	0,05	0,005
сольвент нафта	0,2	0,05	0,010

Для захисту атмосферного повітря від шкідливого впливу викидів ХАЕС ведеться облік метеорологічних і аерологічних характеристик стану атмосфери, що здійснюють безпосередній вплив на розсіювання радіонуклідів і, насамперед, тих з них, які погіршують інтенсивність природного механізму самоочищення атмосфери й сприяють нагродженню домішок у повітряному середовищі. До них відносяться:

- напрямок і швидкість вітру;
- температурна стратифікація атмосфери;
- режим хмар, опадів, туманів, імовірність виникнення стихійних метеорологічних явищ.

Режим вітру й температурна стратифікація атмосфери є головними факторами поширення домішок. Від цих факторів залежить стійкість атмосфери, режим турбулентної дифузії у вертикальному й горизонтальному напрямках. Формування факелів викидів від будь-якого джерела, у тому числі й від АЕС, залежить як від стійкості атмосфери, так і від висоти джерела.

При функціонуванні високих холодних джерел, якими є вентиляційні труби нормально експлуатованої Хмельницької АЕС, найбільші приземні концентрації формуються:

- нестійкою стратифікацією;
- інверсійним ходом температури повітря з висотою, при потужних приземних і піднятих інверсіях.

Аналіз аерологічного режиму досліджуваної території проводився за матеріалами висотного радіозондування атмосфери по найближчій до Хмельницької АЕС аерологічній станції Шепетівка.

#### Література

1. Інформаційний бюлетень "Хмельницька АЕС - розвиток заради майбутнього" до проведення громадських слухань щодо добудови Хмельницької АЕС шляхом спорудження енергоблоків №3 та №4.

**ДРУГА МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА  
В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ (ВКДТС -2013)»**

**Збірник тез доповідей**

Матеріали подаються в авторській редакції

Комп'ютерне оформлення: Дудатьєв І.А., Коломійчук І.В.

Підписано до друку 18.10.2013 р. Гарнітура Times New Roman.

Формат 29,7 × 42 ½. Друк різнографічний.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 16,74

Наклад 170 прим. Зам № 67970

Віддруковано ПП «ТД «Едельвейс і К»

м.Вінниця, вул. 600-річчя, 17

Тел.: (0432) 550-333

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру

ДК №3736