

А. С. Садовніков

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

ВИКОРИСТАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА АЕС

Розглянуто застосування дистанційно керованих робототехнічних комплексів у радіаційно-небезпечних умовах. Виконано порівняння технічних характеристик важких і легких роботів. Запропоновано конструкцію пристрою для отримання нових даних про стан паливовмісних матеріалів.

Ключові слова: об'єкт «Укриття», паливовмісні матеріали, робот, самохідне шасі, радіоактивні аерозолі.

Вступ

У перший період ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, що сталася в квітні 1986 р., основні завдання для роботів полягали у проведенні радіаційної розвідки, розборі завалів зруйнованого 4-го блока й тимчасовому похованні радіоактивних матеріалів. Роботи використовувалися на покрівлі ЧАЕС і на прилеглих до зруйнованого блока територіях. Роботи перебували в умовах високих рівнів радіаційних полів і пересувалися по складних поверхнях (завали та перешкоди). Машини необхідно було періодично оглядати, ремонтувати й дезактивувати. За даними головного конструктора ЦНДІ РТК Є. І. Юревича при ліквідації наслідків аварії було задіяно близько 15 типів модульних роботів. Важкі роботи (технологічні роботи) призначалися для прибирання (дезактивації) території, легкі роботи (роботи-розвідники) використовувалися для вивчення радіаційної обстановки в приміщеннях «Саркофага» [1].

Важкі роботи. Їхні характеристики та завдання

Основні характеристики важких роботів наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики важких роботів, які застосовувалися при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС [2]

Параметри	Мобот-Ч-ХВ	Комплекс "Клін-1"	СТР-1
Маса, кг	430	*	1100
Шасі	гусеничне	гусеничне	колісне
Живлення	кабель, 380 В	двигун внутрішнього згорання	акумулятор, 27 В
Керування	кабель 160 ± 40 м	радіоканал	радіоканал
Тягове посилення на ковші-відвалі, кг	500	*	700
Вантажопідйомність захватоманіпулятора, кг	100	*	*
Прилади радіаційної розвідки	є	є	немає

* Немає даних.

Мобільний робот «Мобот-Ч-ХВ»

Мобот є першим дослідним зразком робота, який був сконструйований МГТУ імені Н. Е. Баумана на кафедрі «Багатоцільові гусеничні машини і мобільні роботи» спеціально для ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. Він мав обладнання для очищення даху АЕС від викинутого при вибуху

© А. С. Садовніков, 2014

графіту, твелів, будівельних конструкцій, а також для проведення радіаційної розвідки. Перший робот отримав назву – «Мобот-Ч-ХВ» (рис. 1). Аббревіатура в назві означала: Мобот - мобільний робот, Ч - Чорнобиль, ХВ - хімічні війська. Колективу інженерів (Шведов В. М., Доротов В. В., Калінін А. В., Чумаков М. Р.) вдалося швидко створити робот завдяки набутому досвіду. Ще за три роки до аварії на ЧАЕС у них був макет такого робота. «Мобот-Ч-ХВ» та інші роботи, сконструйовані радянськими інженерами («СТР-1» і комплекс «Клін-1»), виконали найбільший обсяг робіт серед робототехнічних систем, які були залучені для ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. Так, «Мобот-Ч-ХВ» пропрацював більше 1000 год і очистив площу близько 11500 м². Досвід, набутий на ЧАЕС, став основою для створення конструкторсько-технічного бюро по мобільних роботах [2].

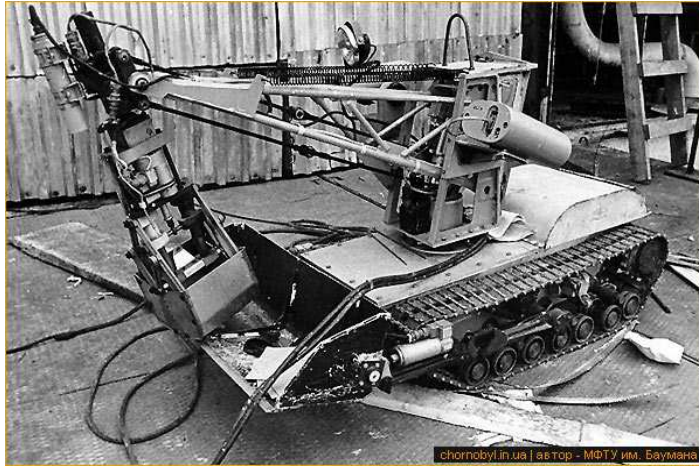


Рис. 1. Робот «Мобот-Ч-ХВ».

Роботизований комплекс «Клін-1»

Найбільш ефективною дистанційною системою, яка виконала величезний обсяг робіт із ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, став інженерний роботизований комплекс «Клін-1». Він був створений в ВНІ Трансмаш у 1986 р. на базі танка Т-72. У комплекс входили дві машини на гусеничному ході: сам робот і машина оператора, дистанційно керована машиною-роботом. Основою комплексу стала інженерна машина розгородження (ІМР). Кілька таких машин активно використовувалися для ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. Машина керування слугувала виключно як пересувне робоче місце оператора. Вона мала посилений захист від радіації. Її екіпаж складався з двох чоловік - водія та оператора. Ця машина (рис. 2) була створена на базі ремонтно-евакуаційної машини БРЕМ-1 [3] і використовувалася також для дозиметричної розвідки та виконання аварійно-відновлювальних робіт у зонах із високим рівнем радіації.

Машина-робот (рис. 3) була оснащена системою дистанційного керування по радіоканалу, приладами контролю радіаційної обстановки, а також устаткуванням та пристроями, що розширюють можливості дозиметричної розвідки і проведення аварійно-відновлювальних робіт.



Рис. 2. Машина керування.



Рис. 3. Машина-робот.

Спеціалізований транспортний робот «СТР-1»

Особливої уваги заслуговує спеціалізований транспортний робот «СТР-1». Він був створений за три з половиною місяці і вже 1 вересня 1986 р. введений у дію на ЧАЕС (рис. 4).

При його розробці за короткий термін вдалося реалізувати такі принципові підходи:

спроєктувати самохідне шасі, у першу чергу ходову частину та індивідуальний електро-механічний тяговий привід спеціально під умови експлуатації машини на покрівлях будинків ЧАЕС;

перевірити нові технічні рішення в процесі стендових випробувань вузлів і ходових випробувань робота «СТР-1»;

знизити до мінімуму операції, в яких були б задіяні люди.



Рис. 4. Робот «СТР-1».

У конструкції «СТР-1» можна виділити три частини, які відпрацьовувалися автономно: самохідне шасі з приладами, блоками та пристроями, що забезпечують рух; бортовий радіотелевізійний комплекс; робочий орган.

Технічні рішення при конструюванні самохідного шасі вибирали виходячи з вимог високої прохідності в завалах, автономності енергоживлення, стійкості при подоланні перешкод, надійності, високої маневреності, можливості проводити дезактивацію ходової частини хімічними розчинами та механічними способами, стійкості обраних матеріалів і комплектуючих виробів до радіоактивного випромінювання і дезактивації [4, 5].

Самохідне шасі було виготовлено у вигляді шестиколісного транспортного засобу з індивідуальними приводами коліс і гальмами, незалежною довгою ходовою підвіскою важеля кожного колеса та поздовжнім розташуванням пружних елементів - титанових торсіонів. Колеса виконано у вигляді герметичних жорстких металевих торообразних оболонки з ґрунтозачепами різного рисунка для крайніх і середніх коліс.

На шасі розміщено дві срібно-цинкові батареї. Істотно спростило роботу на покрівлі відсутність кабельних зв'язків робота «СТР-1» зі стаціонарним обладнанням по керуванню та енергоживленню. Високу маневреність робота «СТР-1» забезпечила можливість впевненого повороту машини "на місці" (з радіусом, рівним нулю). Першим етапом експлуатації стало розгортання комплексу на покрівлях і в приміщеннях ЧАЕС.

Спочатку для розгортання використовувався кран "Libcher". Після його аварії для доставки та евакуації всієї техніки на покрівлю та з покрівлі використовували гвинтокрил МІ-8 із зовнішньої підвіскою. Однак на початку жовтня 1986 р. на ЧАЕС сталася аварія гвинтокрила МІ-8, що призвела до людських жертв, і польоти гвинтокрилів над станцією було заборонено. При цьому збільшилася кількість операцій, які могли бути виконані тільки людиною: позначення місця десантування роботів, строповка замку зовнішньої підвіски, стиківка та розстикування кабелів від зарядного пристрою до транспортної люльки. Збільшувалися і транспортні перевантаження. Однак при всіх цих операціях відмов під час або після транспортувань робота «СТР-1» не було.

Роботи «СТР-1» проводили розчищення завалів і дезактивацію, рухалися по території з метою радіаційної розвідки та візуального огляду, переміщалися за допомогою бортових телекамер на покрівлях (зона К) і на майданчику під вентиляційною трубою ВТ-2 (зона М).

Характер завалів на всіх дахах визначався різномірністю матеріалів і високими температурами, при яких стався викид. У результаті вибуху й пожежі розплавилися руберойдово-бітумні шари покрівлі, в які проникали уламки графітової кладки, теплових каналів та інших металевих і бетонних фрагментів конструкцій. У результаті умови руху в завалах були дуже складними, але обидва роботи «СТР-1» жодного разу не зупинялися через втрату прохідності.

У процесі проведення робіт радіаційна обстановка в різних зонах була неоднаковою й істотно змінювалася. Максимальна потужність експозиційної дози (ПЕД) рентгенівського і γ -випромінювання в зоні В, яка була повністю розчищена за допомогою робота «СТР-1», становила 2800 – 3100 Р/г. У зоні М зашкалювали вимірювачі ПЕД з діапазоном до 10000 Р/г. Проте відмов у роботі «СТР-1» унаслідок радіоактивного випромінювання не зафіксовано.

Велика частина неполадок припадала на радіотелевізійний комплекс, зібраний на базі серійних комплектуючих. Самохідне шасі відмовило тільки одного разу, коли внаслідок старт-стопного

режиму руху і теплових перевантажень сталося роз'єднання обмоток із щітками колектора електродвигуна одного мотор-колеса. Усі відмови фахівці бригад експлуатації робота «СТР-1» ліквідували самостійно. За даними штабу ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС колективна доза при обслуговуванні комплексу «СТР-1» була мінімізована й обумовлювалася тільки штатними операціями, перерахованими вище [6]. За оцінкою штабу, використання комплексу «СТР-1» дало змогу виключити залучення до робіт у небезпечних зонах більше 1000 чоловік. Тільки в зоні В з покрівель було видалено більше 90 т радіоактивних матеріалів, що знизило ПЕД у зонах робіт на два порядки величини.

Легкі роботи. Їхні технічні характеристики та області використання

При ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС першим роботом виявився не «Комацу» і не «ДЕТ», а дитячий танк-іграшка з прикрученим дозиметром і ліхтариком (рис. 5). Керували ним по довгому кабелю від пульта. Цей розвідник пропрацював майже рік. За цей час він настільки забруднився, що був похований у надрах блока [7].



Рис. 5. Перший робот-розвідник.

17 травня 1986 р., тобто через три тижні після аварії на ЧАЕС, Рада Міністрів СРСР доручила ЦНДІ РТК терміново розробити, поставити на станцію мобільні роботи трьох різних типів і забезпечити їхню експлуатацію. Уже через день для створення необхідних модулів до головної організації було підключено близько 40 підприємств Ленінграда.

У результаті менш ніж за місяць було виготовлено перші чотири роботи й поставлено на станцію, а до кінця липня - ще чотири, уже за новими замовленнями безпосередньо керівництва ЧАЕС [8]. На рис. 6 показано один із легких роботів-розвідників.

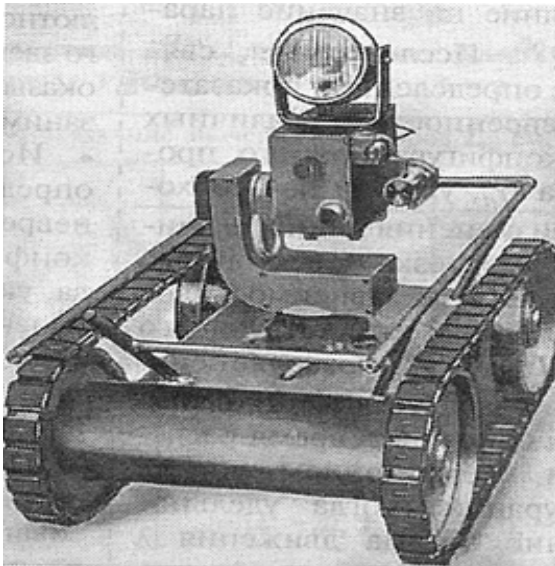


Рис. 6. Легкий робот-розвідник «РР-Г1».



Рис. 7. Німецький робот-розвідник «МФ-3».

Характеристики ще трьох роботів-розвідників, виробники яких невідомі, наведено в табл. 2. Вони призначалися для визначення радіаційної обстановки на місцевості, усередині та зовні будинків, а також для візуального огляду.

Наведені в табл. 2 роботи при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС використовувалися як засоби розвідки (візуальний огляд і вимірювання ПЕД) на дахах машинних залів 3-го і 4-го блоків, у підреакторних приміщеннях, коридорах і внутрішніх приміщеннях станції, де ПЕД іноді досягала 500 Р/год.

Таблиця 2. Характеристики легких роботів-розвідників [2]

Параметри	РДК	РКК-1	РДГ
Гамма-локатор	є	є	є
Вимірювач ПЕД	є	є	є
Довжина кабелю, м	100	150	300
Маса, кг	39	100	65
Шасі	колісне, 3×2	колісне, 4×4	гусеничне
Габарити, м	1,2×0,6×1,5	0,85×0,6×0,6	0,6×0,65×0,65

Найбільш ефективним виявився робот-розвідник «РКК-1». Конструкція «РДК» виявилася нестійка. У «РДГ» були невдалі гусениці та обмеження при маневруванні через відсутність укладальника кабелю.

З Німеччини на ЧАЕС надійшли явно невдалі моделі «MF-2» і «MF-3» (рис. 7). Вони відпрацювали всього кілька годин на покрівлі 4-го блока й вийшли з ладу під впливом іонізуючого випромінювання [9].

Дистанційно керовані агрегати Інституту проблем безпеки АЕС НАН України [10]

МНТЦ «Укриття» НАН України спільно з ІАЕ ім. І. В. Курчатова з 1990 р. почали створювати дистанційно керовані агрегати (ДКА), здатні працювати в радіаційно-небезпечних приміщеннях 4-го блока ЧАЕС.

У 1992 р. був створений ДКА ТР-3 для відеорозвідки приміщень об'єкта «Укриття» (рис. 8). За його допомогою в приміщенні 012/7 басейну-барботера пройшли випробування системи та устаткування на надійність експлуатації в умовах високих радіаційних полів. Одним із перших ДКА, що був використаний при відборі проб радіоактивних матеріалів усередині об'єкта «Укриття», став буровий агрегат ТР-4 (рис. 9). У 1992 – 1993 рр. його використовували для оцінки кількості та складу паливо-вмісних матеріалів (ПВМ) у приміщенні 301/5 (рис. 10).



Рис. 8. ДКА ТР-3.

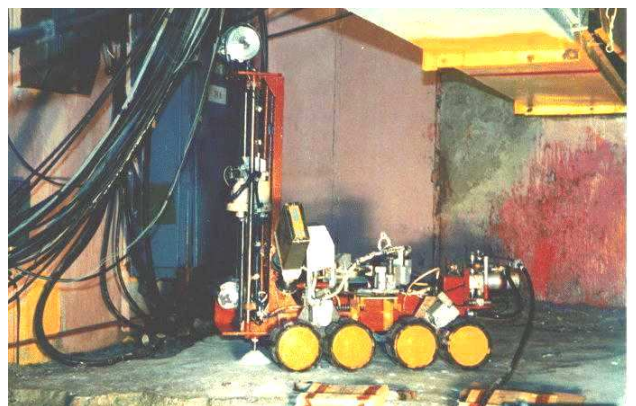


Рис. 9. ДКА ТР-4.

У 1994 р. було розроблено ДКА ТР-7 для нанесення пилопригнічувальних складів (зокрема, «Екор»). Передбачалося, що полімерне покриття зможе запобігти руйнуванню лавоподібних ПВМ (ЛПВМ) і зменшити утворення радіоактивного пилу і аерозолів. На рис. 11 показано ТР-7 при ходових випробуваннях у 2001 р.

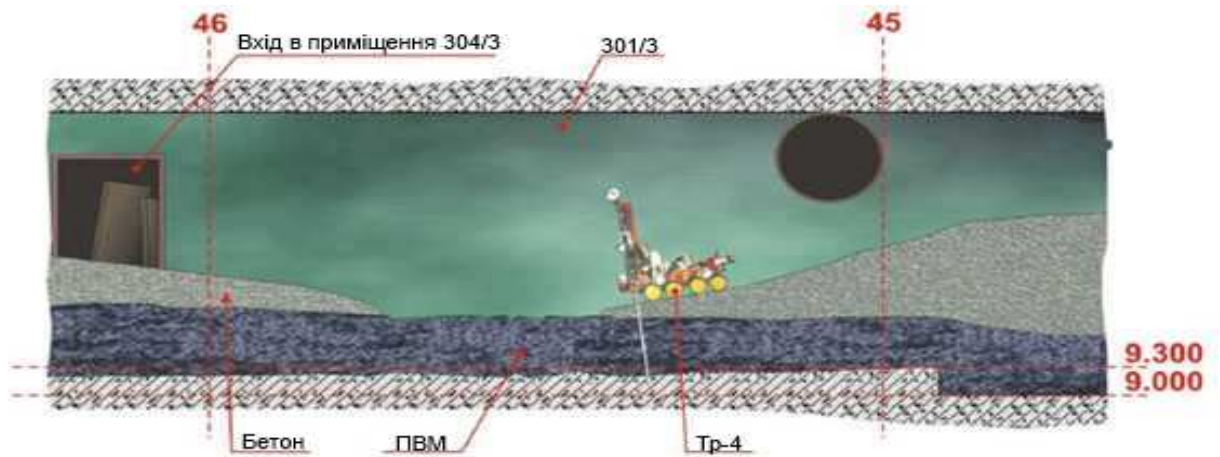


Рис. 10. Схема розташування ДКА ТР-4 у приміщенні 301/5 об'єкта «Укриття».

У 2002 р. в рамках контракту SIP 03-2-016 за проектом стабілізації об'єкта «Укриття» були проведені роботи з вимірювання ПЕД на північних «ключках» каскадної стіни за допомогою роботи радіаційної розвідки «Магнітоход» (рис. 12). Він має колеса з постійних магнітів і може пересуватися по вертикальних металевих поверхнях.



Рис. 11. ДКА ТР-7.

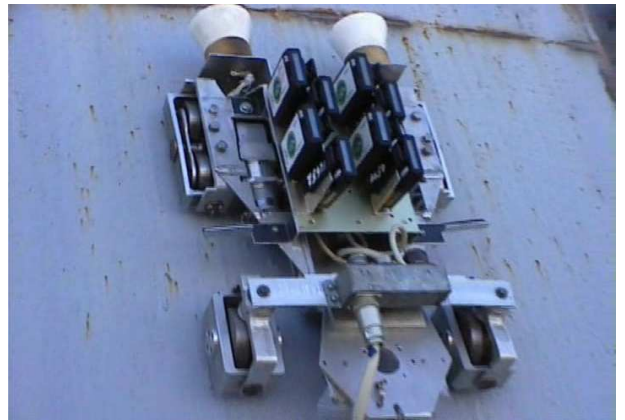


Рис. 12. Робот «Магнітоход».



Рис. 13. ДКА ТР-11.



Рис. 14. ДКА ВЛ.

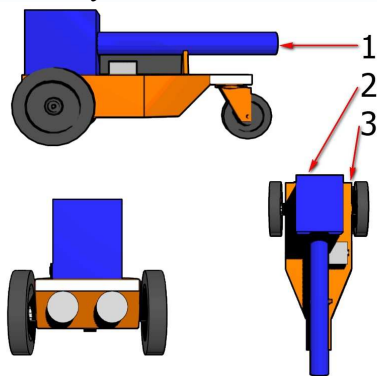
У 2004 р. було створено ДКА ТР-11 для фрагментування високоактивних ПВМ, оснащений захоплювачем і гідрогарматою (рис. 13).

У 2011 р. був виготовлений багатofункціональний робот ДКА ВЛ для вилучення й локалізації ПВМ з відкритих скупчень радіоактивних матеріалів в об'єкті «Укриття», зокрема ЛПВМ. На рис. 14 показано випробування його на полігоні.

Можливі напрямки розвитку робототехніки для ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС

Незважаючи на багаторічну практику спостереження за станом ядерно та радіаційно-небезпечних матеріалів у об'єкті «Укриття», обсяг отриманих відомостей не можна визнати достатнім. Немає впевненості в повноті та достовірності даних про розташування ПВМ у приміщеннях об'єкта «Укриття». Відсутні показники швидкості руйнування ЛПВМ. Відбір проб з водних скупчень у внутрішніх приміщеннях проводиться тільки вручну, незважаючи на значні величини ПЕД за маршрутами руху персоналу й у точках пробовідбору. Не встановлено місця найбільшого генерування радіоактивних аерозолів. Триває їхнє винесення як у вигляді пилу, що з'явився ще в період гострої фази аварії та осів усередині споруди, так і у вигляді частинок, що безперервно формуються в процесі фізико-хімічного руйнування ПВМ і виконання різних робіт. У складі аерозолів особливе місце займають дочірні продукти радону і торону, що впливають на детектування аерозолів чорнобильського генезису й дози інгаляційного опромінення персоналу. Усе це не дає змогу зробити надійний прогноз стану ПВМ, ядерної та радіаційної обстановки в об'єкті «Укриття» після спорудження нового безпечного конфайнмента «Арка».

На основі отриманого досвіду необхідно розробити ДКА з можливістю установки на ньому різного устаткування, зокрема повітродувки зі змінними фільтрами різного призначення (визначення радіонуклідного складу, дисперсності аерозолів, наявності радію), гамма-візора, тепловізора, вимірювача ПЕД, густиноміра, радонової станції, системи відеоспостереження та зйомки. Конструкція повинна допускати можливість швидкої та повної дезактивації. У зв'язку з проведенням робіт серед обвалень і завалів різної етіології необхідна розробка як вузькопрофільних, так і багатофункціональних комплексів для широкого спектра завдань.



У 2013 р. у відділенні ядерної та радіаційної безпеки ПІБ АЕС розпочато конструювання та виготовлення дистанційно керованого агрегату відбору проб радіоактивних аерозолів (ДКА ВПРА), який зображено на рис. 15, де 1 - радонова станція, 2 - повітродувка, 3 - мобільний модуль. Запропонована модель буде мати малу масу, компактність, значну маневреність, простоту в керуванні, високу надійність і низьку вартість.

Рис. 15. ДКА ВПРА.

Для максимальної маневреності обрано триколісний варіант. Прямий привід і використання матеріалів із легких сплавів дає змогу зменшити масу робота. Усі чутливі електронні компоненти вивезено на пульт керування, що до мінімуму знижує вплив на них іонізуючого випромінювання.

Технічні характеристики ДКА ВПРА

Габаритні розміри, мм	750×450×250
Маса, кг	20
Живлення, В	27
Шасі, 2×1	колісне
Довжина кабелю, м	50
Платформа для розміщення апаратури, мм	740×440
Дорожній просвіт, мм	84

Робот «ПІОНЕР» фірми REDZONE

З метою підтримки робіт зі стабілізації об'єкта «Укриття» Департамент енергетики США та Національне аерокосмічне агентство США (НАСА) профінансували ряд науково-дослідних і промислових організацій США з метою розробки та виготовлення радіаційно-стійкого рухомого діагностичного робота під назвою «Піонер» (рис. 16).

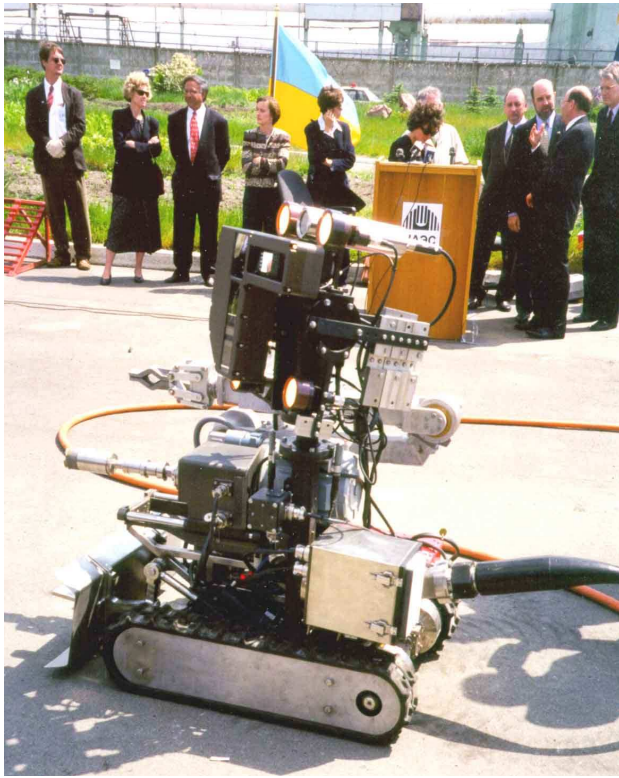


Рис. 16. Робот «Піонер».

Основними компонентами «Піонера» є мобільна телекерована платформа для установки сенсорів і перевезення корисних вантажів; система картографування для створення фотореалістичних, тривимірних моделей інтер'єру будівлі; буровий пристрій для різання та доставки зразків матеріалів бетонних конструкцій; комплект датчиків радіації і параметрів навколишнього середовища. У складі комплексу використовуються чотири потужні обчислювальні машини.

Пересувається на гусеничному ході, з електроживленням і дистанційним керуванням через 100-метровий кабель. Робот «Піонер» схожий на маленький бульдозер. Гусеничне пересування добре підходить для їзди через розвалини і по них. Широка зона обслуговування робота забезпечує високу стабільність і можливість установлювати на нього корисні пристосування.

Шестиступеневий маніпулятор дозволяє розміщувати датчики та інструменти. На роботі розміщено комплекти датчиків радіації, датчиків температури та вологості. Кольорова відеокамера призначена для спостереження при русі та для дистанційного контролю.

Міцна переносна консоль керування забезпечує можливість керувати роботом з безпечних місць, вона з'єднана 400-метровим кабелем із п'ятьма герметично закритими блоками, що містять джерела електроживлення, керуючу електроніку та вихідний рознімач для кабелю на самохідний модуль.

Конструкція робота «Піонер» базується на роботі-попереднику «Гудіні», розробленому Департаментом енергетики США для очищення підземних сховищ з відходами в Національній лабораторії в Оук Рідж.

Робот «Піонер» може створювати тривимірні цифрові реконструкції, які використовуючи стереовідеографії можуть точно передавати зовнішній вигляд і геометрію навколишнього інтер'єру. Спеціально розроблений радіаційно-стійкий формувач зображення, що складається з трьох чорнобілих камер з полімерної оптикою, встановлено на щоглі датчиків робота «Піонер» і позиціонується блоком нахилу й панорамування під комп'ютерним контролем. Отримані зображення обробляються для створення поверхні у вигляді сітки, які текстурно картографували з кадром кольорового відео. Поєднуючи сусідні мережі, генеруються великі дотичні тривимірні карти, які експерти можуть аналізувати за межами об'єкта «Укриття», використовуючи Інтернет. Оскільки карта виконана в цифровій формі, розміри й відстані між об'єктами можуть бути розраховані. Можливо поєднувати й інші дані, зібрані роботом, з цією картою, отримуючи доступ до них і створюючи тривимірну базу даних. Система картографування робота «Піонер» побудована на базі системи стереозору і тривимірного зображення, створеної НАСА для космічного апарата, який працював на Марсі.

Однією з можливостей робота «Піонер» є оцінка цілісності конструкцій будівлі об'єкта «Укриття». Дистанційно керована система відбору бетону бурінням призначена для різання й доставки зразків з підлоги і стін, які згодом можуть бути проаналізовані на міцність і крихкість. Буровий пристрій складається з лінійного супорта, який переміщує мотор з буром на досліджувану поверхню, і датчика, що вимірює силу й момент реакції бура під час буріння. Комп'ютерне керування силою натиску та зміщенням бура дає змогу забезпечити отримання якісного зразка під час буріння й автоматизувати процес буріння. Іншим важливим результатом цього підходу є можливість визначення твердості матеріалу безпосередньо в процесі буріння, ґрунтуючись на інформації про опір і відхилення бура, виміряних його датчиками.

Основним і суттєвим недоліком цього комплексу є його дуже висока вартість. За різними оцінками, від 3 до 5 млн доларів. Комплекс «Піонер» було передано Україні в 1998 р. До теперішнього

часу з різних організаційних причин робот «Піонер» в об'єкті «Укриття» роботи не проводить, а знаходиться в Навчальному центрі м. Славутич.

Участь роботів при ліквідації наслідків аварії на АЕС «Фукусіма-1»

З науково-технічних публікацій і повідомлень засобів масової інформації випливає, що за три роки, що минули з моменту катастрофічного землетрусу й цунамі біля східних берегів Японії, робототехніка не стала визначальним фактором при ліквідації наслідків аварії на АЕС «Фукусіма-1». Як і в Чорнобилі, тут є широкі можливості для використання роботів у місцях, малодоступних через високі рівні радіації або будівельні завали.

Виявилося, що на АЕС «Фукусіма-1» не вдається реалізувати потенціал роботів «Moni-Robo» і «Warrior», які незабаром після аварії надійшли із США, де їх розробляли в інтересах військових для розмінування та розвідки. Одне з можливих застосувань - ідентифікація та видалення радіоактивних об'єктів-фрагментів зруйнованих реакторів і сховищ відпрацьованого ядерного палива.

Незабаром після аварії реакторні приміщення АЕС «Фукусіма-1» були залиті 130 т морської води, яку довелося подавати насосами для будівельного бетону. З'ясувалося, що функціонувати в таких умовах роботи не можуть: тонни бруду та солоної води виводили з ладу незахищену електроніку й викликали швидко корозію деяких металевих деталей.

Проте представники компанії iRobot Corporation сподіваються, що їхні машини себе ще проявлять. Адже 600-кілограмові «Moni-Robo» здатні долати ухили в 60°, переміщатися по сходах. Вони обладнані дозиметрами і пристроями для збору рідких і твердих зразків. Розробники вважають, що «Moni-Robo» виявляться корисними, коли з їхньою допомогою буде проводитися моніторинг забрудненості приміщень і видалення найбільш небезпечних предметів на шляхах доступу персоналу. Стане в нагоді і робот «Warrior», здатний тягати пожежний брандспойт і змивати потоком води радіоактивне сміття.

Завдяки своїй «військовій» спеціалізації електроніка цих роботів має досить високий захист від іонізуючих випромінювань, а корпуси з нержавіючої сталі дають змогу швидко й легко очистити машини від радіоактивних забруднень. До речі, режим радіокерування в даній ситуації недоступний - занадто великі перешкоди від радіації. Тому роботи мають півкілометровий оптоволоконний кабель.

Кожен новий випадок практичного застосування роботів ставить нові проблеми. На АЕС «Фукусіма-1» розробники вже незадоволені ступенем захисту обладнання від радіації, а також хочуть створити нову модифікацію робота-сапера, здатного тривалий час працювати в агресивному середовищі.

Наявний робот «Warrior» (рис. 17) має масу близько 130 кг. Він може переміщати 227 кг корисного навантаження зі швидкістю до 15 км/г. Робот оснащений маніпулятором, здатним переміщати вантажі масою до 68 кг. Він може рухатися по сходах, похилій поверхні під кутом 45°, а також долати перешкоди заввишки до 47 см. «Warrior» може виконувати завдання з розчищення доріг, пожежогасіння, розвідки, віддаленого спостереження за місцевістю, надання допомоги при надзвичайних ситуаціях, розмінування, переміщення вантажів та проведення зварювальних робіт. Важливо, що «Warrior» може взаємодіяти з іншим військовим роботом «PackBot» (рис. 18). Зокрема, він може допомогти йому подолати значні перешкоди або залізти у вікно.



Рис. 17. Робот «Warrior» компанії iRobot.



Рис. 18. Робот «PackBot» компанії iRobot.

Висновки

Із представленого вище огляду випливає, що при ліквідації наслідків аварій на ЧАЕС та АЕС «Фукусіма-1» було використано різні робототехнічні розробки. Проте в ряді випадків вони не повністю виправдали покладені на них надії. Значною мірою це було зумовлено впливом високих рівнів іонізуючих випромінювань і недосконалістю систем керування. Практика показала, що для вирішення проблем ліквідації наслідків ядерних і радіаційних аварій потрібні роботи різного призначення та різних конфігурацій. Їхнє застосування може значною мірою знизити негативний вплив радіації на персонал і зменшити колективні дози опромінення. Тільки на основі використання роботів може бути розроблена стратегія вилучення паливовмісних матеріалів із зруйнованих реакторів і впроваджені в практику необхідні технології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Топчев Ю. И., Макаров И. М.* Люди и роботы. - М.: МАИ, 1999. - 155 с.
2. *Роботы и робототехнические системы* // <http://chernobyl-world.com/topic/75-roboti-i-robototekhnicheskie-sistemi-na-chaas/>
3. *Робототехнический комплекс Клин-1* // <http://chornobyl.in.ua/robot-klin.html>
4. *Планетоходы* / Под ред. А. Л. Кемурджиана. - М.: Машиностроение, 1982. - 319 с.
5. *Кемурджиан А. Л., Комиссаров В. И., Маленков М. И. и др.* Создание и использование радиоуправляемых транспортных роботов СТР для работы на Чернобыльской АЭС // Тез. докл. на IV Всесоюз. совещ. по робототехническим системам. - Ч. 2. - К., 1987. - С. 265.
6. *Специализированный транспортный робот СТР-1* // <http://pripyat-city.ru/video/7-specializirovannyj-transportnyj-robot-str-1.html>
7. *Чернобыльские роботы* // <http://ermiak.livejournal.com/274777.html>
8. *Юревич Е. И.* Авария на Чернобыльской АЭС и экстремальная робототехника // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2004. - № 3.
9. *Маленков М. И., Мишкинюк В. К., Сологуб П. С.* Робототехнический комплекс для работы в зонах радиоактивного заражения // Вестник транспортного машиностроения. - 1995. - № 3 - 4. - С. 29 - 33.
10. *Объект «Укрытие»: 1986 - 2011. На пути к преобразованию: монография* / А. А. Ключников, В. А. Краснов, В. М. Рудько, В. Н. Щербин. - Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2011. - 288 с.

А. С. Садовников

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА АЭС

Рассмотрено применение дистанционно управляемых робототехнических комплексов в радиационно-опасных условиях. Выполнено сравнение технических характеристик тяжелых и легких роботов. Предложена конструкция устройства для получения новых данных о состоянии топливосодержащих материалов.

Ключевые слова: объект «Укрытие», топливосодержащие материалы, робот, самоходное шасси, радиоактивные аэрозоли.

A. S. Sadovnikov

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine

USING OF ROBOTIC TECHNOLOGIES DURING LIQUIDATION CONSEQUENCES OF ACCIDENTS ON NPPs

In this article we have made a summary about using of remote managing robotic technologies in danger radioactive conditions. Technical characteristics comparing between hard and light robots was done. Construction of device for receiving new data about properties of fuel containing materials purposed.

Keywords: "Ukrytya" object, fuel containing materials, robot, self-propelled landing gear, radioactive aerosols.

REFERENCES

1. *Topcheev U. I., Makarov I. M.* People and robots. - Moskva: MAI, 1999. - 155 p. (Rus)
2. *Robots and robotic systems* // <http://chernobyl-world.com/topic/75-roboti-i-robototekhnicheskie-sistemi-na-chaas/>

3. *Robotic complex Klin-1* // <http://chornobyl.in.ua/robot-klin.html>
4. *Planetary rovers* / Under red. of Kemurdjian A. L. - Moskva: Mashinostroenie, 1982. - 319 p. (Rus)
5. *Kemurdjian A. L., Komissarov V. I., Malenkov M. I. et al.* Creation and using of RC transport STR robots to work on ChNPP // Report tezis on the 4-th Ukrainian conference of robotic systems. - Part-2. – Kyiv, 1987. - P. 265. (Rus)
6. *Specialized transport robot STR-1* // <http://pripyat-city.ru/video/7-specializirovannyj-transportnyj-robot-str-1.html>
7. *Chernobyl robots* // <http://ermiak.livejournal.com/274777.html>
8. *Urevich E. I.* ChNPP accident and extreme robotics // *Mekhatronika, avtomatizatsia, upravlenie*. – 2004. - № 3. (Rus)
9. *Malenkov M. I., Mishkinujk V. K., Sologub P. S.* Robotic complex for work in radiocontamination zones // *Vestnik transportnogo mashinostroeniya* // *Vestnik transportnogo mashinostroeniya*. - 1995. - № 3 - 4. - P. 29 - 33. (Rus)
10. *“Shelter” Object: 1986 - 2011. Being on the way of transformation: monograph* / A. A. Klujchnikov, V. A. Krasnov, V. M. Rudko, V. N. Scherbin. – Chornobyl: Institute for safety problems of NPPs, NAS of Ukraine. 2011. – 288 p. (Rus)

Надійшла 23.12.2013

Received 23.12.2013