

7. Дембовський О. Ю. Планування розвитку урбанізованих територій: Аналітична структура і проблема прийняття рішень // Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. «Системний аналіз та інформаційні технології» (САІТ-2009). – НТУУ КПІ, ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2009. – с. 484.
8. Дембовський О. Ю. Построение модели и прототипа системы поддержки принятия решений в планировании сбалансированного развития городов // Тез. Доп. X наук.-техн. конф. «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2010). – Вінниця: 2010. – с. 284.
9. Дембовський О. Ю. Исследование вариантов будущего пространственной подсистемы города // Матеріали 12-ї Міжнар. Наук.-техн. Конф. «Системний аналіз та інформаційні технології» (САІТ – 2010). – ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2010. – с. 74.
10. PROPOLIS: Planning and Research of Policies for Transport for Increasing Urban Sustainability: Final Report (2nd Ed.) / WSP LT Consultants. – Contract No: EVK4-1999-00005. – Helsinki: 2004 – P. (URL: [http://www.wspgroup.fi/lt/propolis/The\\_PROPOLIS\\_approach.pdf](http://www.wspgroup.fi/lt/propolis/The_PROPOLIS_approach.pdf) (дата обращения - 27.05.2009))
11. Godet M., Durance Ph., Gerber A. Strategic Foresight: La Prospective. Use and Misuse of Scenario Building, (URL: <http://www.cnam.fr/lipsor/UserFiles/File/SR10vEng.pdf> (дата обращения - 18.05.2010))

*Поступила 7.03.2011р.*

УДК 004.3

Н.С. Фролова, Національний авіаційний університет, Київ  
Д.О. Гулак, Національний авіаційний університет, Київ

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АРХІТЕКТУР ПРОЦЕСОРІВ

The main trends in modern processor architectures based product developer Intel are analyzed. The technological solutions for improving processor performance according to the strategy Intel in the development of semiconductor technology is considered.

**Вступ.** Вимоги, що висувають користувачі, мають тенденцію до підвищення функціональності, збільшення швидкості робочих станцій та зниження витрат на них. Тому розробка нових архітектурних рішень, що дозволять випускати системи з більш високою продуктивністю і розширеним набором функцій залишається актуальною проблемою.

Обчислювальна потужність комп'ютера залежить від усіх складових компонентів, але головним чином, визначається характеристиками центрального процесора. Прагнення наділити процесори додатковою продуктивністю призвело до того, що їхні виробники на основі поточних технологій виробництва намагаються забезпечити розумний баланс між

тактовою частотою і кількістю обчислювальних ядер.

**Тенденції розвитку процесорів.** На сьогодні спостерігається тенденція побудови процесорів із більшою кількістю ядер. Відповідно до закону Мура (рис. 1), кількість транзисторів на чипі подвоюється кожні два роки, що призводить до збільшення кількості виконуваних функцій та підвищення продуктивності процесорів. У той же час, зменшення розмірів транзистора спричинює підвищення потужності і потребує вирішення проблеми тепловиділення, що має важливе значення для створення у майбутньому енергоефективної обчислювальної і комунікаційної продукції.

Додавання нових ядер забезпечує більший приріст продуктивності процесора, ніж збільшення тактової частоти. З одного боку нові можливості регулювання тепловиділення і розмірів ядер спричинило появу більшої кількості чотириядерних процесорів, з другого – програмні продукти, оптимізовані під багатопоточність, дають змогу операційній системі розподіляти кілька потоків за доступними обчислювальними ядрами з різними варіаціями процесорів та ядер.

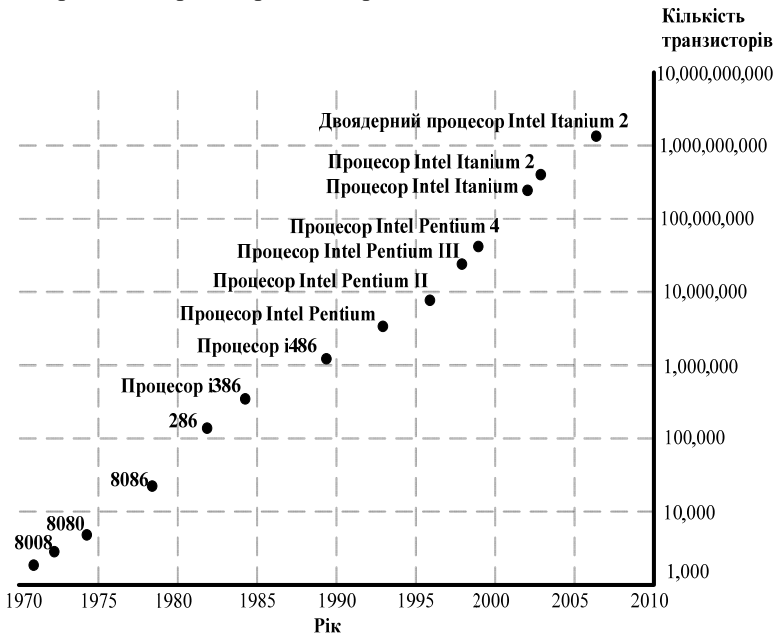


Рис. 1. Розвиток технології процесорів Intel відповідно до закону Мура

Збільшення тактової частоти та кількості транзисторів, а, відповідно, і продуктивності центральних процесорів, останнім часом сповільнилося і практично зупинилося [1]. Відповідно до фізичних обмежень (технологічного процесу, розмірних ефектів) і високого енергоспоживання, зумовленого

введенням великої кількості додаткових транзисторних блоків, подальший, «класичний», спосіб нарощування продуктивності процесорів істотно ускладнився. Хоча кількість транзисторів ще зростає, але вже на різних ядрах. Аналіз сучасних підходів до проектування архітектури та створення центральних процесорів свідчить про те, що вектор розвитку змінює свій напрямок від екстенсивних до нових підходів і тенденцій.

**Мета роботи** – на прикладі продукції Intel провести аналіз підходів до проектування архітектури сучасних центральних процесорів і технологічних рішень щодо підвищення їхньої продуктивності.

**Розвиток мікроархітектур процесорів Intel.** Розвиток процесорів Intel ґрунтується на впровадженні кожні два роки нових мікроархітектур, побудованих на нових напівпровідникових технологіях. За основу багатоядерних процесорів Intel прийнята модель «тік-так». У цій моделі: об'єднане ядро розглядається в якості головного обчислювального елемента, що підтримує потрібні: продуктивність, набір функцій та рівень енергозбереження. Кожен «тік» позначає новий етап розвитку напівпровідникових технологій, а кожен відповідний «так» - створення нової мікроархітектури.

Так процесори на архітектурі Nehalem є логічним розвитком розробок процесорів Intel Core (рис. 2). Будучи заснованим на технологічному процесі 45 нм попередника, Nehalem представляє ще один стрибок продуктивності та енергоефективності, схожий на стрибок, зроблений мікроархітектурою Intel Core по відношенню до перших 90-нм процесорів Intel Pentium M.

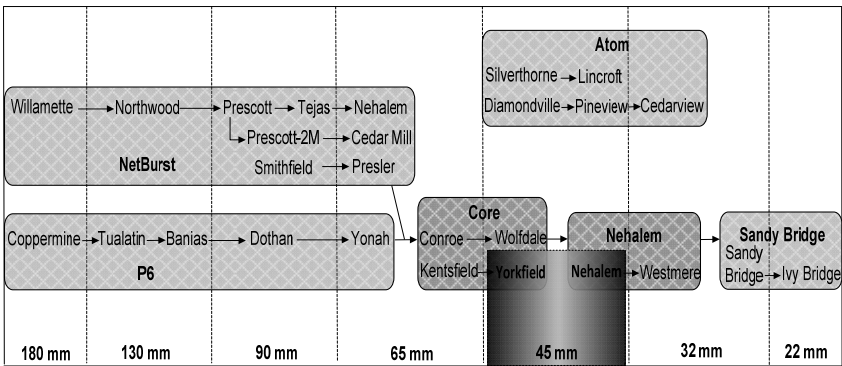


Рис. 2. Розвиток мікроархітектур процесорів Intel

45-нм процесори Intel Core 2 Quad Q9550 та Intel Core i7-860 реалізовані з однаковим значенням тактової частоти. Це вказує на згортання екстенсивного підходу до розвитку процесорів та збільшення впровадження нових архітектурних рішень. Порівняння зазначених процесорів за сукупністю найбільш важливих показників наведено в табл. 1.

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика процесорів

Параметр	Процесор	Intel Core 2 Quad Q9550	Intel Core i7-860
Кодове ім'я ядра		Yorkfield	Lynnfield
Кількість ядер		4	4
Тактова частота, ГГц		2,83	2,8
Кеш-пам'ять першого рівня, кБ		4x32\4x32	4x32\4x32
Кеш-пам'ять другого рівня, кБ		2x6144	4x256
Кеш-пам'ять третього рівня, кБ		-	8192
Множник (номінал)		8,5	21
Тип шини		FSB	QPI /DMI
Системна шина, МГц / ГБ/с		1333	25,6/2
Технологічний процес, нм		45	45
Потужність, що розсіюється, Вт		95	95
Напруга живлення, В		0,8500 – 1,3625	0,65-1,4
Максимальний об'єм пам'яті, ГБ		-	16
Тип пам'яті, МГц		<i>визначається чипсетом</i>	DDR3-800/1066/1333
Кількість каналів пам'яті		2	2
Розміри кристала, мм		37,5 x 37,5	37,5 x 37,5
Площа кристала, мм <sup>2</sup>		214	296
Кількість транзисторів, мільйон шт		820	774
Платформа, Socket		LGA 775	LGA 1156
Технологія віртуалізації		так	так
Режим Turbo Boost		немає	так
Множник при однопоточному завданні /підсумкова тактова частота/, МГц		-	26/3460
Множник при двопоточному завданні /підсумкова тактова частота/, МГц		-	25/3333
Множник при три- та чотиріпоточному завданні / підсумкова тактова частота/, МГц		-	22/2930
Технологія Hyper-Threading		немає	так

Ядро Intel Yorkfield входить до сім'ї 45-нм процесорів Penryn, що ґрунтується на High-K кремнієвій технології з металевими затворами, яка використовує комбінацію воріт і провідників із High-K діелектриків. Основною перевагою цієї технології є збільшення швидкості перемикання транзисторів, але при зниженій потужності, що, у свою чергу, дає змогу досягнути більших швидкостей процесора при більш низькому

тепловиділенні та енергоспоживанні.

Оскільки архітектурно ядро Yorkfield процесора Intel Core 2 Quad Q9550 засноване на подвоєному Wolfdale, то воно успадковує всі його переваги. Порівняльний аналіз з попереднім поколінням чотириядерних процесорів Kentsfield, в основі яких лежать два ядра Congee, дозволяє виділити наступні вдосконалення:

- виготовлення за 45 нм технологічним процесом;
- зменшення енергоспоживання і тепловиділення;
- збільшення об'єму кеш-пам'яті L2 до 12 МБ;
- введення підтримки набору інструкцій SSE4.1;
- оптимізація і поліпшення виконавчих вузлів.

Penryn включає нові інструкції (Intel SSE4) і мікроархітектури розширення. Для розробників це означає підвищення продуктивності та енергоефективності для існуючого програмного забезпечення та можливості подальшої оптимізації програмного забезпечення.

Процесор підтримує ряд фірмових технологій:

- Enhanced Halt State (C1E): відключає деякі блоки процесора під час його бездіяльності, тим самим зменшуючи енергоспоживання і тепловиділення;

- Enhanced Intel Speedstep Technology: дозволяє зменшувати напругу живлення та тактову частоту під час низького навантаження на процесор;

- Execute Disable Bit: підтримує програмно-апаратний механізм захисту від переповнення буфера, механізму використовуваного багатьма шкідливими програмами для завдання збитків або проникнення в систему;

- Intel Thermal Monitor 2: забезпечує контроль температури процесора і у разі його перегрівання вводить комплекс заходів, таких як пропуск тактових імпульсів, зниження тактової частоти і робочої напруги, що запобігають виходу системи з ладу.

- Intel Virtualization Technology: надає можливість віртуальним машинам отримувати доступ до апаратних ресурсів.

Intel, продовжуючи свою стратегію розвитку процесорів, замість переходу до нового технологічного процесу, випустила у 2008 році на світовий ринок продукцію, що замінила архітектуру Core. Це новий процесор на базі перетвореного ядра Core з кодовим ім'ям Nehalem. Intel Core i7-860, побудований на ядрі Lynnfield, є представником мікроархітектури Nehalem.

У Lynnfield-процесорах використовується монолітний кристал з чотирма ядрами (кожне ядро із своїми конвеєрами виконання, кешами L1 для інструкцій і даних, TLB, кешами L2) з винесеною логікою Uncore (кеш L3, інтегрований контролер PCI Express, контролер пам'яті, QuickPath Interconnect (QPI)). Інтегрований контролер пам'яті здійснює підтримку двох каналів високошвидкісної пам'яті DDR3 з частотою до 1333 МГц.

Архітектурною особливістю ядра Lynnfield є інтегрований контролер PCI Express 2.0 на 16 ліній, який слугує для зв'язку з одним або двома

дискретними відеоприскорювачами. Всередині процесора Lynnfield міститься інтерфейс QPI, який пов'язує блок Uncore з інтегрованим контролером PCI Express. Завдячуючи цьому усі операції, пов'язані з керуванням введенням і виводом, покладаються на одну-єдину мікросхему в наборі системної логіки Intel P55 Express (рис. 3). Раніше у рішеннях від Intel ці функції виконували два окремих чіпи, розташованих на системній платі.

Перевага QPI полягає в використанні механізму точка-точка. Вже не існує єдиної шини, яку повинні використовувати всі процесори і боротися один з одним для доступу до пам'яті та пристроїв вводу-виводу. Це покращує масштабованість і виключає конкуренцію між процесорами для пропускної здатності шини. Між процесором і чіпсетом встановлений новий апаратний міст Direct Media Interface (DMI). Для гнучкої взаємодії різних пристроїв набір системної логіки підтримує до восьми слотів PCI Express 2.0 x1 зі швидкістю обміну даними до 2,5 гігатрансферів в секунду.

В процесорах сімейства Core i7 реалізована поліпшена технологія Intel Turbo Boost та технологія Intel Hyper-Threading Technology, що були відсутні у попередній архітектурі.

За допомогою технології Intel Turbo Boost процесори в розширеному діапазоні можуть автоматично налаштовувати частоту окремих ядер для більш оптимального виконання поставлених завдань, уповільнюючи одні та прискорюючи інші, при цьому не перевищуючи заявленого теплового пакету.

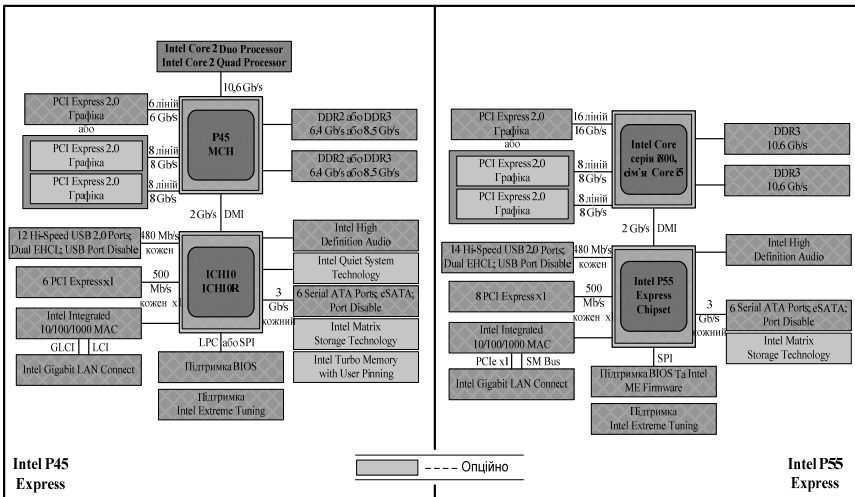


Рис. 3. Схематичне зображення чіпсетів P45 Express та P55 Express

Засновані на мікроархітектурі Nehalem, процесори Lynnfield підтримують технологію Hyper-Threading (Simultaneous Multi-Threading

(SMT)), відповідно до якої команди розподіляються за потоками, і ці потоки паралельно обробляються кількома процесорами. Одночасно можливо виконувати до 8 потоків завдань. Дана технологія корисна в програмах, де добре реалізоване паралельне виконання декількох обчислень.

**Тестування процесорів.** Тестування [3] Core i7-860 та Core 2 Quad Q9550 дозволило дізнатися, як зміна архітектури з Core 2 Quad на Core i7 вплинула на загальну продуктивність обчислювальної системи та зрозуміти як на практиці двоканальний доступ до пам'яті поліпшить швидкодію системи. При тестуванні була задіяні компоненти, зазначені в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік тестованих компонентів

Материнські плати (Intel):	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIGABYTE GA-EP45-UD3P (Intel P45, LGA 775, DDR2, ATX)</li> <li>• GIGABYTE GA-P55-UD6 (Intel P55, LGA 1156, DDR3, ATX)</li> </ul>
Кулер (Intel)	Noctua NH-U12P + LGA1366 Kit
Оперативна пам'ять	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x DDR2-1200 1024 МБ Kingston Hyper KHX9600D2K2/2G</li> <li>• 2/3x DDR3-2000 1024 МБ Kingston Hyper KHX16000D3T1K3/3GX</li> </ul>
Відеокарта	EVGA e-GeForce 8600 GTS 256 МБ GDDR3 PCI-E
Жорсткий диск	Seagate Barracuda 7200.12 ST3500418AS, 500 ГБ, SATA-300, NCQ
Блок живлення	Seasonic SS-650JT, 650 Вт, Active PFC, 80 PLUS, 120 мм вентилятор

Аналізуючи результати тестування, наведені у [3, 9-11] та на рисунку 4, можна стверджувати, що в цілому Intel Core i5, i7 та Xeon, побудовані на архітектурі Nehalem, виграють за результатами тестів у процесорів архітектури Core. Найкращі результати Core i7 показали у програмах, першочергово оптимізованих під розпаралелювання потоків і не в останню чергу за рахунок SMT-технології. А з огляду на інтегрований у процесор контролер пам'яті DDR 3, вельми очікуваними були результати тестування з ПЗ, швидкість роботи якого залежить безпосередньо від пропускнуої здатності пам'яті.

Інтегрування контролера графічної пам'яті на мікросхему Intel Lynnfield не призвело ні до приросту, ні до втрати продуктивності. Іншими словами, інтеграція інтерфейсу PCIe у кристал для користувачів є максимально прозорою, адже саме так і повинна проходити поєднання – без втрат.

**Висновки.** Процесори Core 2 відзначилися значним проривом у масштабуванні архітектури процесорів Intel. У найближчому розгляді внесок процесорів Nehalem у порівнянні зі своїми попередниками Core, виявився

менш революційним, однак були зроблені важливі кроки на шляху покращення показників продуктивності системи в цілому.

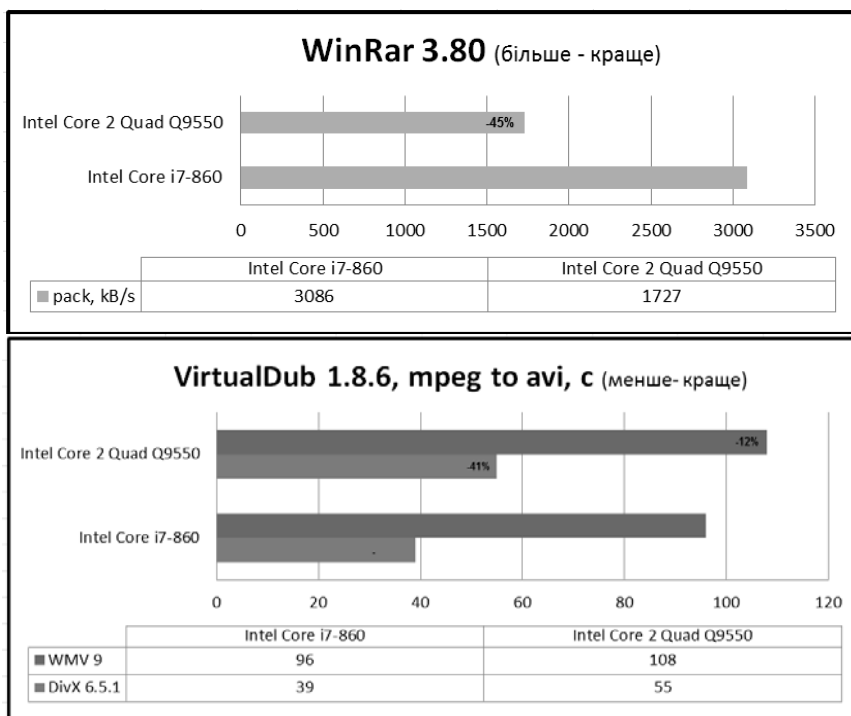


Рис. 4. Результати деяких випробувань

Так, компанія Intel відмовилася від використання шини FSB, інтегрувала в кристал процесора кеш-пам'ять третього рівня і контролер пам'яті. Технологія Hyper-Threading знову відновила своє достойне місце у ряді фірмових технологій, а для її підтримки випустили функцію Turbo Boost, що керує продуктивністю процесора залежно від вимог програмного продукту.

Завдяки впровадженню QuickPath-архітектури досягнуто високошвидкісний зв'язок між мікропроцесорами та зовнішньою пам'яттю і контролером вводу-виводу.

1. *Погорельй С.Д.* Анализ методов повышения производительности компьютеров с использованием графических процессоров и программно-аппаратной платформы CUDA / *С.Д. Погорельй, Ю.В. Бойко, М.И. Трибрат, Д.Б. Грязнов* // ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи, 2010. – № 1. – С. 40-54.
2. *Shenoy S.R., Daniel A.* Темпи розвитку архітектури Intel і напівпровідникових технологій: каталізатор галузевого прогресу / *Sunil R. Shenoy, Akhilesh Daniel* // White



Paper, Technology@Intel Magazine.

3. [http://www.easycom.com.ua/cpu/intel\\_core\\_i7-860/?lang=ukr](http://www.easycom.com.ua/cpu/intel_core_i7-860/?lang=ukr)
4. [http://www.thg.ru/cpu/quad\\_core\\_benchmark/index.html](http://www.thg.ru/cpu/quad_core_benchmark/index.html)
5. <http://processors.narod.ru>
6. [http://www.thg.ru/cpu/lynnfield\\_core\\_i5/index.html](http://www.thg.ru/cpu/lynnfield_core_i5/index.html)
7. <http://software.intel.com>
8. <http://ark.intel.com>
9. <http://www.overclockers.ua/cpu/nehalem-core-i7-920-x58-rampage-extreme2/7/>
10. <http://www.bit-tech.net/hardware/cpus/2009/09/08/intel-core-i5-and-i7-lynnfield-cpu-review/11>
11. [http://itc.ua/articles/supertest\\_36\\_processorov\\_v\\_svodnom\\_testirovanii\\_50066](http://itc.ua/articles/supertest_36_processorov_v_svodnom_testirovanii_50066)

*Поступила 17.03.2011р.*

УДК 539.1.08

Ю.Л. Забулонов, д.т.н., В.М. Буртняк, к.т.н.

Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України

## **КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ І СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОБ'ЄКТАМИ З ЯДЕРНО- РАДІАЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

The assessment criterion for systems of automatic control and monitoring of the objects containing nuclear radiation materials is proposed. Criterion describes the quality of a system; criterion's main distinguishing feature is sensitivity to various technical and algorithmic characteristics of the equipment.

В даний час, в усьому світі велика увага приділяється питанням контролю та спостереження за нерозповсюдженням ядерно-радіаційних матеріалів (ЯРМ). Події в багатьох районах світу свідчать що незаконні переміщення радіоактивних матеріалів мають тенденцію до зростання. Переважна більшість держав проводять активну політику у сфері боротьби з незаконним обігом радіоактивних матеріалів. Одним із ефективних заходів боротьби з незаконним обігом радіоактивних матеріалів являються системи фізичного захисту (СФЗ) особливо важливих об'єктів

СФЗ є комплексом взаємозв'язаних організаційних і інженерно-технічних заходів, які спрямовані на запобігання протиправним діям (диверсія, розкрадання, терористичні акти) потенційних порушників на об'єкті.

Необхідно зауважити, що створені в минулому столітті системи фізичного захисту, які вважалися до недавнього часу достатньо надійними,