

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Луцький національний технічний університет



СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПЕРИМЕТРІВ

методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми
«Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» галузі
знань 12 (F) Інформаційні технології спеціальності
126 (F6) Інформаційні системи та технології денної та заочної
форм навчання

Луцьк 2026

УДК 623.746.85:004.056 (075.8)

С34

Рекомендовано до видання вченою радою факультету комп'ютерних та інформаційних технологій ЛНТУ, протокол № ____ від _____ 2026 року.

Голова Вченої ради факультету КІТ _____ Інна КОНДІУС

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ, протокол № ____ від _____ 2026 року

Укладачі: _____ Олег КАЙДИК, кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

_____ Тарас ТЕРЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук,
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

Рецензент: _____ Катерина МЕЛЬНИК, кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ Тарас ТЕРЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук,
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

С34 Системи охорони периметрів: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» галузі знань 12 (F) Інформаційні технології спеціальності 126 (F6) Інформаційні системи та технології денної та заочної форм навчання / уклад. О. Л. Кайдик, Т. В. Терлецький. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 28 с.

У пропонованому виданні міститься шість практичних робіт з курсу «Системи охорони периметра».

Ці методичні вказівки покликані допомогти здобувачам освіти отримати необхідні знання про фізичні принципи роботи, методи налаштування та алгоритми тестування сучасних засобів виявлення. Матеріал охоплює повний цикл інженерних рішень що дозволяє систематизувати та закріпити теоретичні знання щодо розгортання багаторівневих систем захисту, а також набути практичного досвіду в калібруванні обладнання та виконанні проектно-кошторисного обґрунтування комплексних безпекових рішень.

ВСТУП

Сучасний науково-технічний прогрес та зростання потенційних загроз безпеці об'єктів критичної інфраструктури вимагають впровадження високоефективних комплексних систем охорони периметра. Надійність захисту території значною мірою залежить від правильного поєднання інженерних загороджень із новітніми технічними засобами виявлення, що дозволяє забезпечити раннє виявлення порушників та мінімізувати ризики несанкціонованого проникнення.

Системи охорони периметра є фундаментом фізичної безпеки, який базується на єдиній технічній політиці використання радіолокаційних, оптико-електронних та провідниково-хвильових технологій. Ефективність таких систем визначається не лише якістю обладнання, а й точністю його налаштування, калібруванням зон виявлення та постійним аналізом вразливостей протягом усього життєвого циклу її експлуатації. Професійне проектно-кошторисне обґрунтування та грамотне технічне обслуговування дозволяють оптимізувати витрати, підвищуючи рівень довіри до системи захисту та загальну стійкість об'єкта до зовнішніх загроз.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Системи охорони периметра» розроблено у відповідності до робочої програми навчальної дисципліни та мають на меті забезпечити практичну підготовку здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» (або вашої назви) у цій сфері професійної діяльності.

ЗМІСТ

	Сторінка
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Аудит та розроблення багаторівневої системи фізичного захисту периметра	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Встановлення зони виявлення та порогових рівнів провідниково-хвильової системи типу «Лінія витікаючої хвилі»	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Налаштування та оцінювання ефективності радіолокаційного засобу виявлення	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Проектування та калібрування оптично-електронного бар'єра	13
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Аналіз вразливостей периметра та оптимізація розміщення засобів виявлення	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. Проектно-кошторисне обґрунтування комплексної системи охорони периметра	20
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	24

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: аудит та розроблення багаторівневої системи фізичного захисту периметра.

Мета: опанувати методику проведення аудиту системи охорони периметра та набути необхідних навичок для розроблення комплексної системи інженерно-технічних засобів для його захисту.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Методика проведення аудиту системи охорони периметра складається із декількох послідовних етапів.

Етап 1. Попередній аудит та аналіз ризиків. Перш ніж щось будувати, необхідно зрозуміти, від слід захищатись:

1. Опис об'єкта: визначення категорії важливості об'єкта (наприклад, склад, серверна, державна установа).

2. Визначення моделі порушника:

- хто він? – дилетант, підготовлений фахівець чи інсайдер;
- яка мета? – крадіжка, саботаж або збір інформації;
- інструментарій – спецобладнання, транспорт або зброя.

3. Аналіз вразливостей: виявлення «слабких місць» (неосвітлені ділянки, відсутність відеоспостереження на кутах, низький паркан тощо).

Етап 2. Класифікація рівнів захисту (ешелонування). Для розроблення багаторівневої системи фізичного захисту периметра важливо розділити територію на зони:

– перший рівень (далекі підступи): попереджувальні знаки, освітлення, відеоаналітика;

– другий рівень (периметр): фізичний бар'єр (паркан) та давачі виявлення вторгнення;

– третій рівень (внутрішня територія або зона відчуження): територія між парканом та будівлею;

– четвертий рівень (безпосередньо сам об'єкт): стіни, двері, вікна, система контролю управління доступом.

Етап 3. Вибір інженерно-технічних засобів. На основі аудиту обирають конкретні рішення для кожного з етапів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Структура системи периметральної безпеки

Тип засобу	Приклади	Функція
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Фізичні бар'єри	Зварна 3D сітка «Гіттер», колючий дріт (Єгоза), протитаранні болларди	Стримування та затримка руху

Завершення таблиці 1.1

1	2	3
Системи виявлення	Вібраційні кабелі, радіохвильові датчики, ІЧ-бар'єри	Фіксація спроби подолання периметра
Візуальний контроль	Тепловізори, РТЗ-камери з ІІІ	Верифікація тривоги
Допоміжні системи	Охоронне освітлення, система оповіщення	Психологічний вплив та допомога групі затримання

Етап 4. Розрахунок ефективності системи. Алгоритм аудиту передбачає перевірку за формулою безпеки:

$$T_{det} + T_{com} + T_{dep} < T_{del}, \quad (1.1)$$

де: T_{det} – час виявлення порушника;

T_{com} – час передачі сигналу та прийняття рішення;

T_{dep} – час прибуття групи реагування;

T_{del} – час, який необхідний порушнику для подолання усіх фізичних перешкод.

Етап 5. Оформлення результатів аудиту:

- складання дефектної відомості, що саме, на даний час, погано працює;
- план-схема об'єкта із нанесенням зон захисту та точок розміщення камер/давачів.

В кінці проведеного аудиту формується висновок де обґрунтовується обрана конфігурації обладнання з точки зору бюджету та безпеки.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Змодельовати «критичну лінію» охоронного периметра – шлях, яким найімовірніше піде злоумисник та розписати кожен крок його стримування.

2. Завдання та етапи виконання звести в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Алгоритм переходу від аудиту вразливостей до проектних рішень

Етап	Дії (аудит та виявлення вразливостей)	Дії (розроблення проекту захисту)

3. Узагальнити результати проведеного аудиту та обґрунтувати доцільність запропонованих технічних рішень з точки зору ефективності, ризиків та витрат.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Які критичні активи вимагають захисту периметра?
2. Які типи загроз найбільш ймовірні? Які вектори атак вони використовують?
3. Від чого залежить кількість рівнів захисту? Які технологічні засоби доцільно застосовувати на кожному з них?
4. Від чого залежить ефективність реалізованого зонування периметра? Як це впливає на час затримки проникнення?
5. Які процедури реагування на інциденти притаманні для кожного з рівнів захисту?
6. Яким чином забезпечується фізична стійкість охоронного периметра?
7. Як враховуються правові та регуляторні вимоги під час проектування та експлуатації системи?
8. Які методи аудиту використовуються для оцінювання ефективності систем фізичного захисту периметра?

Рекомендована література: [1-5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: встановлення зони виявлення та порогових рівнів провідниково-хвильової системи типу «Лінія витікаючої хвилі».

Мета: встановити оптимальний пороговий рівень чутливості, який дозволить забезпечити надійне виявлення порушника та мінімізувати кількість хибних спрацьовувань.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Провідниково-хвильові системи (система типу «Лінія витікаючої хвилі») належать до класу радіохвильових засобів виявлення. В основу їх роботи покладено використання спеціального випромінюючого кабелю (фідер з отворами у зовнішньому екрані).

Формування зони виявлення відбувається завдяки передавальній кабель через який пропускають високочастотний сигнал. Завдяки конструктивним особливостям (перфорації екрану), частина електромагнітної енергії «витікає» назовні, створюючи навколо кабелю чутливу зону – електромагнітне поле.

Реєстрація порушника: коли об'єкт виявлення, який володіє певними діелектричними властивостями та масою, потрапляє в дію такого електромагнітного поля, то спричиняє його збурення. Ці зміни фіксуються приймальним кабелем та аналізуються блоком обробки сигналів.

Зона виявлення у системах типу «Лінія витікаючої хвилі» має форму витягнутого еліпсоїда (кокона) навколо кабелів. Її розміри залежать насамперед від:

- відстані між паралельно прокладеними кабелями;
- типу ґрунту або поверхні, на якій змонтовано систему;
- потужності сигналу, який подається на лінію.

Пороговий рівень – це критичне значення амплітуди сигналу, під час перевищення якого система генерує сигнал «Тривога».

Слід пам'ятати, що налаштування порогу чутливості – це завжди компроміс між чутливістю та стабільністю системи:

- низький поріг (висока чутливість) – дозволяє виявити дуже обережного порушника, але призводить до хибних спрацьовувань через дрібних тварин, сильний дощ або коливання трави;
- високий поріг (низька чутливість) – мінімізує хибні спрацьовування, але створює ризик пропускання порушника, який може подолати зону дуже повільно або у певному положенні (наприклад, переповзаючи).

Для встановлення оптимального рівня порогу чутливості слід враховувати:

- співвідношення сигнал/шум – різниця між корисним сигналом від об'єкта виявлення та фоновим шумом навколишнього середовища;
- метеорологічні умови – зміна вологості ґрунту суттєво впливає на розповсюдження радіохвиль;
- наявність зовнішніх завад – лінії електропередач або рухомі металиві конструкції.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Зазвичай провідниково-хвильова система типу «Лінія витікаючої хвилі» складається із двох паралельних сенсорних кабелів, які генерують електромагнітне поле. Рух об'єкта в зоні поля виявлення змінює його параметри, які фіксуються приймачем.

Сценарій:

- тип об'єкта: територія довжиною 300 м, ґрунт – суглинок (середній коефіцієнт загасання);
- обладнання: два сенсорні кабелі, які прокладено паралельно;
- технічні дані: потужність передавача ($P_{\text{тх}}=100$ мВт або $P_{\text{тх}}=20$ дБм); коефіцієнт загасання лінії ($\alpha=0,7$ дБ/100 м); мінімальний пороговий рівень приймача ($P_{\text{мін}}=-85$ дБм – нижче цього рівня система не може працювати).

Розрахунок загального загасання в лінії. Загальне загасання сигналу ($A_{\text{тот}}$) залежить від довжини лінії витікаючої хвилі (L) та коефіцієнта загасання (2.1):

$$A_{\text{tot}} = \alpha L / 100. \quad (2.1)$$

$$A_{\text{tot}} = (0,7/100)/(300/100) = 2,1 \text{ дБ.}$$

Розрахунок рівня сигналу на приймачі. Рівень сигналу (P_{rx}) дорівнює різниці потужності передавача та загальному загасанню (2.2):

$$P_{\text{rx}} = P_{\text{tx}} - A_{\text{tot}}. \quad (2.2)$$

$$P_{\text{rx}} = 20 - 2,1 = 17,9 \text{ дБ.}$$

Встановлення робочого порогового рівня:

– сигнал від об'єкта виявлення: будь-яке порушення контрольованої зони спричиняє різке падіння рівня сигналу (припустимо, порушник викликає падіння рівня на 15 дБ відносно номінального значення P_{rx} ;

– поріг виявлення (P_{alarm}): для того щоб виявити це падіння, поріг необхідно встановлювати значно вищим за мінімальний (P_{min}), але нижчим за номінальний (P_{rx}):

$$P_{\text{alarm}} = P_{\text{rx}} - \Delta P_{\text{min}}. \quad (2.3)$$

Якщо встановлено, що мінімальна зміна сигналу, яку нам необхідно виявити $\Delta P_{\text{min}} = 10$ дБ, то за виразом (2.3):

$$P_{\text{alarm}} = 17,9 - 10 = 7,9 \text{ дБ.}$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись із технічними характеристиками системи «Лінія витікаючої хвилі».

2. Визначити довжину ділянки (L), тип ґрунту, коефіцієнт загасання хвилі (α). Зафіксувати вихідну потужність передавача (P_{tx}) та мінімальний пороговий рівень приймача (P_{min}).

3. Розрахувати енергетичні параметри системи «Лінія витікаючої хвилі».

4. Проаналізувати вплив порушника на рівень сигналу та встановити необхідну величину мінімальної зміни сигналу (ΔP_{min}), яку система має стабільно фіксувати.

5. Встановити робочий пороговий рівень (P_{alarm}) й перевірити умову працездатності системи.

6. Оцінити ризики щодо хибних спрацювань та зробити висновок відносно ефективності системи.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Як саме система «Лінія витікаючої хвилі» фіксує вторгнення?

2. На якому фізичному принципі базується робота системи «Лінія витікаючої хвилі»?

3. Які основні елементи притаманні для системи «Лінія витікаючої хвилі»? Яку роль вони виконують?

4. Що являє собою зона виявлення в системі «Лінія витікаючої хвилі»? Від яких чинників залежать її геометричні розміри?

5. Що являє собою коефіцієнт загасання сигналу в лінії?

6. Що впливає на ефективність захисту у цій системі?

7. Які фонові чинники впливати на рівень сигналу та формування хибних спрацювань?

8. Що являє собою запас потужності системи? Як він забезпечує надійність виявлення порушника під час зміни температури або вологості?

9. У чому полягає перевага системи «Лінія витікаючої хвилі» перед інфрачервоними бар'єрами?

Рекомендована література: [1-5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема: налаштування та оцінювання ефективності радіолокаційного засобу виявлення.

Мета: опанувати процедуру визначення оптимальних зон покриття та впливу хибних цілей на роботу радіолокаційного засобу виявлення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Радіолокація – це процес виявлення об'єктів та визначення їх координат за допомогою радіохвиль. Робота радіолокаційного засобу виявлення (РЛЗВ) базується на випромінюванні зондувального сигналу та прийманні відбитої від об'єкта виявлення енергії.

Основним показником потужності сигналу, який відбивається від поверхні об'єкта виявлення, є його ефективна площа розсіювання. Вона визначає, наскільки добре об'єкт виявлення відбиває радіохвилі в напрямку антени РЛЗВ. Максимальну дальність виявлення об'єкта визначають з рівняння радіолокації:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{\min}}} \quad (3.1)$$

де: P_t – потужність передавача;

G – коефіцієнт підсилення антени;

λ – довжина хвилі;

σ – ефективна площа розсіювання об'єкта виявлення;

P_{\min} – чутливість приймача (мінімальна потужність сигналу).

Зона покриття – це область простору, у якій РЛЗВ здатен виявити об'єкт із заданою ймовірністю. Перш за все, вона залежить від:

– діаграми спрямованості антени – концентрує енергію за певним напрямком;

– рельєфу місцевості – наявність «мертвих зон» (тіней), куди сигнал не потрапляє через перешкоди;

– висоти встановлення – підняття антени збільшує дальність прямої видимості (горизонт).

Ефективність радіолокаційного засобу виявлення визначається його здатністю відрізнити корисний сигнал від шумів та завад. Основним критерієм прийнято вважати відношення сигнал/шум.

У реальних умовах на вхід приймача, окрім сигналу, який відбивається від об'єкта виявлення, надходять:

– власні шуми (засіб виявлення);

– відбиття від місцевих предметів (дерева, забудова, поверхня води);

– навмисні завади (РЕБ).

Для оцінки якості виявлення об'єктів використовують дві ключові ймовірності:

– ймовірність достовірного виявлення (P_D) – ймовірність того, що система побачить реальний об'єкт виявлення;

– ймовірність хибної тривоги (P_{FA}) – шанс того, що шум буде сприйнято за об'єкт виявлення.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Як правило, радіолокаційний засіб виявлення працює, за рахунок випромінювання електромагнітної хвилі, шляхом аналізу відбитого, від об'єкта виявлення, сигналу. До ключових параметрів РЛЗВ необхідно віднести як максимальну дальність (R_{\max}), так і кутову роздільну здатність ($\Delta\Theta$).

Сценарій:

– тип об'єкта: територія, на якій здійснюється виявлення об'єкту з дальністю 150 м;

– обладнання: периметральний радіолокаційний засіб виявлення;

– технічні дані: кут променя за горизонталлю ($\Theta=90^\circ$); максимальна дальність ($R_{\max}=150$ м); точність за дальністю виявлення ($\Delta R=1$ м).

Визначимо ширину зони виявлення (W), яку покриває РЛЗВ на максимальній відстані, використовуючи радіанну міру:

$$W \approx 2R_{\max} \times \tan(\Theta/2), \quad (3.2)$$

$$W \approx 2 \times 150 \times \tan(90^\circ/2) \approx 300 \text{ м.}$$

Як бачимо, один радіолокаційний засіб виявлення покриває зону у формі сектора 90° , який на максимальній дальності у 150 м має ширину 300 м. Цей параметр допомагає визначити необхідну кількість РЛЗВ для повного покриття охоронного периметра.

Точність за дальністю виявлення РЛЗВ дозволяє розрізнити два окремі об'єкта виявлення, якщо відстань між ними на лінії поширення сигналу становить:

$$\Delta d = (c \times \tau) / 2, \quad (3.3)$$

де c – швидкість світла;

τ – тривалість імпульсу.

Якщо $R_{\max} = 150$ м, а $\Delta R = 1$ м, то це означає, що два об'єкта виявлення, які рухаються один за одним, з інтервалом менше 1 м, будуть сприйматись системою як один об'єкт.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись із технічними характеристиками радіолокаційного засобу виявлення та визначити параметри об'єкта виявлення.

2. За основним рівнянням радіолокації розрахувати максимальну теоретичну дальність виявлення об'єкта та порівняти отримане значення із паспортними даними на прилад.

3. Розрахувати ширину зони виявлення об'єкта та побудувати схематичний план зони покриття у вигляді сектора.

4. Визначити геометричні параметри «мертвих зон», виходячи з рельєфу місцевості та висоти встановлення антени.

5. Розрахувати мінімальну дистанцію між об'єктами, за якої радіолокаційний засіб виявлення здатний розрізнити їх, як окремі об'єкти.

6. Визначити джерела потенційних хибних сповіщень для заданого сценарію та оцінити ефективність РЛЗВ через відношення сигнал/шум.

7. Оцінити доцільність встановлення РЛЗВ для захисту охоронного периметра та навести рекомендації щодо оптимального його розміщення.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Який фізичний принцип покладено в роботу сучасних радіолокаційних засобів виявлення?
2. Які основні параметри радіолокаційних засобів виявлення необхідно враховувати для забезпечення повного периметрального покриття?
3. Що являє собою ефективна площа розсіювання? Як цей параметр використовують під час налаштування системи для охорони периметрів?
4. Як налаштування порогу чутливості системи радіолокаційного виявлення впливає на ймовірність її виявлення?
5. Які технічні рішення застосовують для компенсації загасання сигналу?
6. У яких випадках використання системи радіолокаційного виявлення є недоцільним?
7. Яким чином відбувається компенсування «мертвих зон»?
8. Яким чином здійснюється інтегрування системи радіолокаційного виявлення з іншими засобами виявлення?

Рекомендована література: [1-5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема: проектування та калібрування оптично-електронного бар'єра.

Мета: опанувати методику розрахунку зони виявлення та дослідити вплив загасання сигналу на надійність системи.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Оптично-електронний бар'єр – це безконтактний пристрій, який застосовують для виявлення об'єктів, які перетинають контрольовану зону.

Як правило, така система складається із двох основних вузлів: випромінювача (джерела оптичного сигналу) та приймача (фотодетектора). Принцип роботи такого бар'єра базується на перериванні або зміні інтенсивності оптичного потоку. Іншими словами коли об'єкт виявлення потрапляє в зону променя, рівень сигналу на фотоприймачі падає нижче порогового значення, що призводить до спрацювання виконавчого пристрою.

Слід пам'ятати, що зона виявлення не є ідеальною лінією; для неї характерною є форму конуса або циліндра, усе залежить від оптичної системи. До основних параметрів системи слід віднести:

– пляму засвічування – область на приймачі, яку охоплює промінь (для надійної роботи системи діаметр такої плями повинен бути більшим за активну площу фотоприймача для можливої компенсації різного роду вібрацій);

- апертуру випромінювача та приймача – кут розходження променя;
- оптичну вісь – умовну лінію, яка з'єднує центри лінз.

Надійність роботи оптично-електронного бар'єра напряму залежить від співвідношення сигнал/шум. Основне рівняння потужності сигналу на вході приймача ($P_{пр}$) можна подати в наступному вигляді:

$$P_{пр} = P_v \eta_{опт} [A_{гес} / (\Omega L^2)] e^{-\alpha L}, \quad (4.1)$$

де P_v – потужність випромінювача;

$\eta_{опт}$ – коефіцієнт корисної дії оптики;

$A_{гес}$ – площа входного вікна приймача;

L – відстань між модулями;

α – коефіцієнт загасання середовища (пил, туман, дим тощо).

До чинників загасання слід віднести:

– геометричне розходження – потужність знижується пропорційно квадрату відстані ($1/L^2$);

– середовище – часточки в повітрі розсіюють та поглинають світло (закон Бугера-Ламберта-Бера);

– забруднення оптики – поступове накопичення пилу на лінзах, що вимагає введення «коефіцієнта запасу» для калібрування системи.

Калібрування системи ставить за мету встановити оптимальний поріг спрацювання (U_{th}). У тому випадку коли поріг буде занадто низьким – система може не помітити прозорий або малий об'єкт. А коли поріг занадто високий, то будуть спостерігатися хибні спрацювання через теплові шуми або фонове освітлення. Як правило процес калібрування включає у себе й юстування (співвісність) та налаштування підсилення сигналу таким чином, щоб у робочому стані рівень сигналу перевищував поріг мінімум у 2-3 рази (запас надійності).

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Зазвичай ГЧ-бар'єр складається із передавача та приймача, а спрацювання відбувається під час одночасного переривання декількох оптичних променів.

Сценарій

- об'єкт: рівна ділянка периметра довжиною 120 м;
- обладнання: багатопроменевий ГЧ-бар'єр (4 промені) з максимальною робочою дальністю 150 м;

– умови роботи: висока вологість/туман, що викликає додаткове загасання сигналу.

Виробником зазначено, що для забезпечення надійної роботи на дальності

120 м, запас потужності бар'єра повинен бути не меншим за 10 дБ над порогом чутливості приймача.

За умови коли змонтований на об'єкті бар'єр з дальністю роботи 120 м володіє номінальним запасом 20 дБ (за ідеальних умов), а в умовах високої вологості/туману загасання сигналу становить $\alpha_{\text{fog}}=0,05$ дБ/м, то:

$$\text{Додаткове загасання}=\alpha_{\text{fog}}\times L=0,05\times 120=6 \text{ дБ.}$$

$$\begin{aligned} \text{Реальний запас потужності} &= \text{Номінальний запас} - \text{Додаткове загасання} \\ &= 20 - 6 = 14 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Як бачимо, реальний запас (14 дБ) усе ще є вищий за мінімально необхідний (10 дБ), а отже, ПЧ-бар'єр повинен працювати надійно навіть в заявлених робочих умовах.

Для того, щоб виключити можливість перестрибування або проповзання під ПЧ-бар'єром, необхідно розрахувати максимальний інтервал між променями (Δh). Враховуючи, що мінімальна висота нахиленої людини – 0,4 м, а висота загородження – 2,5 м, то промені ПЧ-бар'єру необхідно розташувати таким чином, щоб жоден із проміжків між променями та ґрунтом або верхнім краєм огорожі не перевищував 0,4 м.

Приклад розташування променів:

- промінь 1 (найнижчий): 0,35 м від ґрунту (захист від підповзання);
- промінь 2: 0,75 м (інтервал 0,4 м);
- промінь 3: 1,15 м (інтервал 0,4 м);
- промінь 4 (найвищий): 1,55 м (інтервал 0,4 м).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись із фізичним принципом роботи оптично-електронних бар'єрів та технічними характеристиками компонентів системи.

2. За основним рівнянням потужності розрахувати рівень сигналу на вході приймача та порівняти його з порогом чутливості приладу.

3. Визначити геометричні параметри зони виявлення, враховуючи апертуру випромінювача, та побудувати схематичний план плями засвічування фотодетектора.

4. Для заданої довжини периметра розрахувати додаткове загасання сигналу в умовах несприятливого середовища.

5. Оцінити реальний запас потужності системи (співвідношення сигнал/шум) та перевірити відповідність отриманого значення критерію надійності.

6. Розрахувати оптимальну схему вертикального розташування променів для виключення «мертвих зон».

7. Встановити оптимальний поріг спрацювання та надати рекомендації щодо калібрування та юстування системи.

8. Зробити висновок про ефективність проєкту та доцільність використання обраного типу бар'єра в заданих кліматичних умовах.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Поясніть принцип роботи активного оптично-електронного бар'єра.

2. У чому полягає відмінність між однопроменевими та багатопроменевими бар'єрами?

3. Яким чином визначають максимальну ефективну дальність роботи ІЧ-бар'єра?

4. Чому реальна робоча відстань засобу виявлення є меншою за вказану виробником?

5. Як погодні чинники впливають на роботу оптично-електронного бар'єра?

6. Який технічний параметр доцільно враховувати під час проєктування засобу виявлення, для мінімізації впливу погодних чинників?

7. Які компоненти системи здатні формувати захисний промінь?

8. Назвіть існуючі правила та методи для розрахунку вертикального інтервалу між променями багатопроменевого бар'єру?

9. Для чого здійснюють оптичну або дротову синхронізацію променів для випадку, коли в одній зоні встановлено декілька пар бар'єрів?

Рекомендована література: [1-5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: аналіз вразливостей периметра та оптимізація розміщення засобів виявлення.

Мета: опанувати методіку зонування периметра та підбору для неї технічних засобів виявлення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основою захисту об'єкта є створення декількох послідовних рубежів охорони. Якщо зловмисник долає перший рівень, він має бути виявленим на другому. Зовнішній периметр включає у себе першу лінію стримування яка складається з паркану або бар'єрів. Зона відчуження являє собою територію безпосередньо біля огорожі, де встановлюються основні давачі виявлення. До внутрішніх зон відносять підступи до критичних будівель або об'єктів.

Зонування – це розподіл загальної протяжності периметра на окремі ділянки (сектори) з метою локалізації місця вторгнення. Основними критеріями розподілу прийнято вважати:

- рельєф та ландшафт: наявність поворотів, перепадів висот, рослинності;
- тактична цінність: ступінь ризику проникнення на конкретній ділянці;
- технічні обмеження: довжина зони не повинна перевищувати робочу дальність обраного засобу виявлення (зазвичай від 50 до 200 метрів для одного давача).

Вибір засобів виявлення залежить від типу фізичного бар'єру та ймовірних загроз (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Порівняння технологій периметральної сигналізації

Тип системи	Принцип дії	Переваги	Обмеження
Радіохвильові	Створення об'ємної зони виявлення між передавачем і приймачем	Виявляють рух об'єктів, які «повзуть» або «йдуть»	Чутливі до нерівностей ґрунту та високої трави
Інфрачервоні	Активні промені-бар'єри або пасивні датчики тепла	Висока точність, чіткі межі зони	Чутливі до туману, сильного снігопаду
Вібраційні	Сенсорний кабель на сітці або паркані	Фіксують спроби перелізання або перекушування сітки	Можливі хибні спрацювання від сильного вітру
Відеоаналітика	Інтелектуальний аналіз зображення з камер	Можливість верифікації проникнення в реальному часі	Потребує якісного освітлення або ІЧ-підсвічування

Для мінімізації вразливостей (так званих «дірок» у захисті периметру) необхідно дотримуватися наступних правил:

- перекриття зон: зони дії сусідніх давачів повинні частково перекривати одна одну, з метою виключення наявності «сліпих зон» на їх стиках;
- врахування зон відчуження: наприклад, для РХВ-сповіщувачів необхідно забезпечити вільну від металевих предметів та кущів ділянку (зазвичай 2-5 метрів завширшки);
- комбінування технологій: використання двох різних фізичних принципів (наприклад, вібраційний кабель та ІЧ-бар'єр) значно знижує кількість хибних спрацювань.

Під час аналізу вразливостей периметра необхідно звернути увагу на такі критичні точки я:

- кути та повороти: місця, де важко забезпечити пряму видимість для променевих давачів;
- ворота та хвіртки: найслабші місця, які потребують окремих магнітоконтактних або оптичних давачів;
- місця примикання будівель: де стіна будівлі стає частиною периметра.

Слід пам'ятати, що ефективність системи (E) часто оцінюють як ймовірність виявлення (P_d) за умови мінімальної частоти хибних спрацювань (FAR):

$$E = P_d \times (1 - P_{fa}), \quad (5.1)$$

де P_{fa} – ймовірність хибного спрацювання.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Аналіз вихідних даних об'єкта включає у себе визначення загальної довжини периметра охоронного об'єкта (L), встановлення типу загородження, рельєфу місцевості та наявності воріт, хвірток та інших потенційно вразливих ділянок.

Зонування периметра охоронного об'єкта розпочинається з його поділу на окремі ділянки (сектори) довжиною (l), яка відповідає технічним можливостям засобів виявлення.

Кількість секторів (N), на які розділено охоронний об'єкт, зазвичай визначають із наступного виразу:

$$N = L/l. \quad (5.2)$$

Зауважимо, що отримане значення необхідно округлити до більшого цілого.

Наступним кроком, є вибір типу засобів виявлення. Для кожного сектору визначають оптимальний тип системи який, якнайкраще, відповідатиме типу загородження, рельєфу місцевості та можливих способів проникнення.

Вибір засобів виявлення здійснюють на основі технічних характеристик, які наведено у нормативній документації виробника цього обладнання.

Необхідна кількість засобів виявлення (N_d) визначається за виразом (5.3) залежно від довжини секторів та дальності роботи конкретного типу давача:

$$N_d = L/D, \quad (5.3)$$

де D – максимальна дальність роботи одного давача.

Для уникнення формування «сліпих зон» здійснюють перевірку перекриття

зон виявлення шляхом перекриття сусідніх зон контролю на 10-20%. Для цього випадку фактична довжина контрольованої ділянки (l_f) буде визначатись як:

$$l_f = D - \Delta, \quad (5.4)$$

де Δ – довжина перекриття зон.

Під час аналізу вразливих ділянок доцільно окремо розглянути кути та повороти охоронного периметра, ворота й хвіртки, а також місця примикання будівель.

Зауважимо, що для таких зон можуть застосовуватись додаткові засоби контролю (відеокамери, магнітоконтактні давачі тощо).

Оцінку ефективності роботи системи виявлення здійснюють на основі (5.1). Чим більшим біде значення E , тим вищою буде ефективність системи охорони периметра.

Завершальним етапом цієї методики є висновки. На основі попередніх розрахунків якої роблять висновок щодо достатності кількості засобів виявлення, наявності або відсутності «сліпих зон» та доцільності комбінування різних технологій контролю.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Провести аналіз вихідних даних охоронного об'єкта на наявність потенційно вразливих ділянок.
2. Провести зонування периметра охоронного об'єкта, враховуючи технічні можливості засобів виявлення.
3. Для кожного сектору визначити оптимальний тип системи виявлення.
4. Встановити кількість засобів виявлення виходячи із довжини секторів та дальності роботи конкретного типу давача.
5. З метою уникнення «сліпих зон» перевірити перекриття зон виявлення.
6. Проаналізувати вразливість контрольованих ділянок на предмет ефективності системи охорони периметра.
7. Зробити висновок на доцільності комбінування різних технологій контролю.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Що являє собою вразливість периметра з точки зору фізичного захисту?
2. Яким чином класифікація об'єкта впливає на вибір методів аналізу вразливостей?
3. Що таке зонування периметра? Чому цей етап є ключовим для оптимізації розміщення засобів виявлення?

4. Типи вразливостей та їх приклади?
5. Які технічні рішення можна застосувати для їх усунення або мінімізації?
6. Наведіть приклади фонових завдань та поясніть, як їх аналіз допомагає оптимізувати параметри чутливості засобів виявлення.
7. Яким чином проєктант може обґрунтувати економічну доцільність використаного обладнання?
8. Поясніть переваги комбінування двох незалежних систем.

Рекомендована література: [1-5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Тема: проєктно-кошторисне обґрунтування комплексної системи охорони периметра.

Мета: опанувати методику базового техніко-економічного розрахунку для визначення оптимального співвідношення між вартістю системи та рівнем її надійності.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Комплексна система охорони периметра – це сукупність інженерних та технічних засобів, які об'єднано спільною логікою роботи для виявлення, затримання та запобігання несанкціонованому проникненню об'єкта виявлення на охоронну територію. Основними компонентами такої системи прийнято вважати:

- Фізичні бар'єри – огорожі, ворота, протитаранні пристрої;
- периметральна сигналізація – вібраційні, радіохвильові, інфрачервоні або оптичні давачі;
- система відеоспостереження та аналітики для верифікації процедури виявлення;
- освітлення – чергове або тривожне;
- система збору та обробки інформації.

Проєктно-кошторисне обґрунтування – це документальний доказ того, що запропонована конфігурація системи є технічно ефективною та економічно вигідною. Під час розрахунку вартості системи важливо враховувати не лише одноразові витрати, але й життєвий цикл системи:

- капітальні витрати – проєктні роботи, закупівля обладнання, монтаж, пусканалагоджувальні роботи;
- операційні витрати – технічне обслуговування, енергоспоживання, оплата персоналу, моніторинг, ремонт.

У контексті охорони периметра надійність прийнято оцінювати не лише через відмову обладнання, але й через ефективність виявлення. Зокрема:

- ймовірність виявлення (P_d) – шанс, що система виявить порушника за заданих умов;
- частота хибних спрацювань (FAR) – кількість спрацювань, які викликано природними або техногенними чинниками;
- час напрацювання на відмову (T_{bf}) – технічна надійність засобів виявлення.

Для визначення оптимального співвідношення «вартість/надійність» прийнято використовувати порівняльний аналіз, який наведено нижче.

Критерій «ефективність/вартість». Оптимальним вважається таке рішення, під час якого досягається необхідний рівень захисту (P_{req}) за мінімальних витрат:

$$E = [P_d \times (1 - P_{fa})] / C_{tot}, \quad (6.1)$$

де P_{fa} – ймовірність хибного спрацювання;

C_{tot} – сумарна вартість системи.

Графік «ціна/якість». На початкових етапах невеликі інвестиції стрімко підвищують безпеку. Проте існує «точка насичення», після якої навіть величезні витрати дають лише мізерний приріст надійності.

Алгоритм вибору оптимального варіанту базується на визначенні моделі порушника та найбільш вразливих ділянок периметра. Зокрема він включає у себе наступні блоки:

- формування варіантів – створення декількох конфігурацій (наприклад: «Базова», «Оптимальна» та «Максимальна»);
- розрахунок кошторису – визначення вартості кожної з конфігурацій;
- оцінка надійності системи – експертна або розрахункова оцінка ймовірності виявлення порушника для кожного з варіантів;
- порівняльний аналіз – вибір варіанту з найкращим показником ефективності системи.

Не варто забувати й таке, що економія на периметральних засобах виявлення часто призводить до зростання витрат на фізичну охорону (людський ресурс). Як правило, в довгостроковій перспективі (3-5 років) це буде дорожчим за автоматизовану систему.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

На початковому етапі визначають основні характеристики охоронного об'єкта. Зазвичай встановлюють довжину периметра охоронної території (L), тип фізичних бар'єрів, кількість потенційно-вразливих ділянок та умови

навколишнього середовища.

Формування варіантів конфігурації системи базується на аналізі декількох варіантів системи охорони периметра:

- базовий варіант – мінімально необхідний набір технічних засобів виявлення;
- оптимальний варіант – поєднання різних технологій виявлення;
- максимальний варіант – комплексна система з підвищеним рівнем надійності.

Для кожного з цих варіантів визначають: типи засобів виявлення, кількість обладнання; допоміжні елементи системи.

Кількість засобів виявлення визначають залежно від довжини охоронного периметра та дальності роботи одного пристрою:

$$N=L/D. \tag{6.2}$$

Отримане значення N округлюють до більшого цілого числа.

Розрахунок сумарної вартості системи визначають за сумою витрат на обладнання, монтаж та експлуатацію:

$$C_{tot}=C_{eq}+C_{inst}+C_{serv}, \tag{6.3}$$

де C_{eq} – вартість обладнання;

C_{inst} – витрати на монтаж та пусконаладжувальні роботи;

C_{serv} – експлуатаційні витрати.

Оцінка надійності системи базується на встановленні наступних показників:

- P_d – ймовірність виявлення порушника;
- P_{fa} – ймовірність хибного спрацювання;
- T_{bf} – час напрацювання на відмову обладнання.

Ці значення доцільно визначати з технічної документації на засіб виявлення або з експертної оцінки.

Оцінку ефективності системи проводять за виразом (6.1). Для кожного варіанту системи здійснюють порівняльний аналіз показника ефективності, а результати заносять до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Порівняльна оцінка ефективності системи охорони периметра

Варіант системи	Сумарна вартість	Ймовірність виявлення	Ймовірність хибного спрацювання	Ефективність системи

Оптимальним вважається той варіант системи, який зможе забезпечити

необхідний рівень безпеки об'єкта та має найкраще співвідношення ефективність/вартість.

Насамкінець, на основі проведених розрахунків роблять висновок щодо доцільності вибраної конфігурації комплексної системи охорони периметра та її економічної ефективності.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися із характеристиками охоронного об'єкта й встановити загальну довжину його периметра, тип існуючої огорожі та умови навколишнього середовища.

2. Визначити модель порушника та виявити найбільш вразливі ділянки території.

3. Розробити три варіанти комплектації системи охорони периметра.

4. Для кожного з варіантів обрати конкретний тип обладнання та уточнити їх дальність роботи.

5. Для кожного з варіантів за (6.2) розрахувати необхідну кількість давачів, а за (6.3) визначити сумарну вартість кожної системи. Отримані результати звести в таблицю (6.2).

Таблиця 6.2 – Кошторис обладнання комплексної системи охорони периметра

№ з/п	Найменування обладнання	Кількість, шт	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн

6. На основі техніко-технічних характеристик засобів виявлення визначити, для кожного з варіантів, показники ймовірності виявлення (P_d) та ймовірності хибного спрацювання (P_{fa}) й провести розрахунок показника ефективності. Отримані результати звести в таблицю 6.1.

7. Побудувати графік «ціна/якість» та визначити «точку насичення».

8. Обрати оптимальний варіант системи, що має найвищий показник E за умови дотриманні необхідного рівня безпеки.

9. Обґрунтувати вибір конкретної конфігурації та вказати, за рахунок яких чинників обраний варіант є найбільш доцільним для даного об'єкта.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Яким чином відбувається класифікація об'єктів за ступенем критичності?

2. Назвіть основні функції інженерно-технічних засобів.

3. Як критерій критичності впливає на вимоги, які висуваються до бюджету системи охорони периметра?
4. Поясніть принцип багаторівневого захисту. Яке завдання виконує кожен із рівнів?
5. Як розрахувати необхідний час затримки інженерно-технічних засобів?
6. Які основні статті витрат необхідно включати до кошторису проєкту?
7. Як обґрунтувати економічну доцільність системи, порівнюючи витрати на її впровадження та потенційні збитки?
8. Які експлуатаційні витрати необхідно враховувати на етапі проєктування?
9. Які розділи є обов'язковими для проєктної документації на систему охорони периметра?

Рекомендована література: [1-5].

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Bace, R., Mel, P. Intrusion Detection Systems. URL: <https://surl.li/effqgz> (дата звернення 07.09.2025).
2. Design and Evaluation of Physical Protection. URL: <https://surl.li/xosdlc> (дата звернення 07.09.2025).
3. Northcutt, S., Zeltser, L., Winters, S., Kent, K., Ritchey, R. W. Inside Network Perimeter Security. URL: <https://surl.li/vevtx> (дата звернення 07.09.2025).
4. Perimeter Security Sensor TechnoLogies : Handbook. URL: <https://surl.li/dshhyu> (дата звернення 07.09.2025).
5. Physical Security Systems Assessment Guide. URL: <https://surl.li/icyrpg> (дата звернення 07.09.2025).

Системи охорони периметрів: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» галузі знань 12 (F) Інформаційні технології спеціальності 126 (F6) Інформаційні системи та технології денної та заочної форм навчання / уклад. О. Л. Кайдик, Т. В. Терлецький. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 28 с.

Комп'ютерний набір та верстка: О. Л. Кайдик.

Редактор: в авторській редакції.

Підп. до друку «__» _____ 2026 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк. 2,0. Обл. – вид. арк. 1,91.
Тираж 50 прим. Зам. _____.

Луцький національний технічний університет
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75