

СПОСІБ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА ОХОРОНУ ОБ'ЄКТА

А. І. Трубенко^{1, а}, Є. В. Морщ¹, О. Д. Василенко¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

Анотація

В данній доповіді досліджено варіант захисту умовного об'єкта датчиками для виявлення порушника, як спосіб мінімізації впливу людського фактору на охорону об'єкту. Обґрунтовано вибір датчиків різного напрямку дії. Оцінено ймовірність правильних та хибних спрацювань та обрано оптимальну кількість датчиків для виявлення порушника для мінімізування впливу.

Ключові слова: охорона об'єкту, ймовірність спрацювання, ймовірність хибної тривоги, людський фактор

Вступ

На сьогодні фізична безпека не потребує доведення своєї цінності та важливості. Кожна компанія намагається розробити оптимальну систему захисту. Щороку з'являються нові технології, які активно впроваджуються, проте, зазвичай, забувається одна вразлива складова – людина, яка існує в цій системі і, відповідно, як і всі інші складові може бути загрозою безпеці об'єкту. Це відбувається, зазвичай, коли персонал, виконуючи свої посадові обов'язки, припускається помилок через брак знань і навичок, емоційну напругу, одноманітність роботи. Згідно з деякими дослідженнями, співробітники роблять помилки, під час експлуатації – 30 – 50% випадків [1]. Причина полягає в тому, що робота на об'єкті тримає охоронця в постійній напрузі, та потребує постійної концентрації.

1. Поставлене завдання

Метою цієї доповіді є розгляд питання – чи зможе людський фактор вплинути на безпеку системи та як цьому запобігти. За основу взятий будь-який об'єкт, з охоронною системою та охоронцями, які контролюють спрацювання системи. Технічна система складається з датчиків руху для виявлення порушника. Чим складніша система – тим більший вплив людського фактору на неї. Це спричинено людською схильністю все спрощувати. Наприклад, якщо робітник забув пропуск, то по регламенту він має зробити певний довготривалий перелік дій для проходу на об'єкт. Набагато легше – проходити вдвох з колегою по одній перепустці. Ігнорування спрацювань датчиків – також розповсюджена проблема, адже, при частому спрацюванні, людина починає їх ігнорувати. В заданому випадку датчик руху може періодично реагувати на великих птахів, білок, або

на різкий змін температурного фону для інфрачервоних здавачів, тому ймовірність охоронців реагувати на попередження системи суттєво зменшується. Крім того, люди слабкі до соціальної інженерії і охоронці часто пропускають людей на ПП. Особливо якщо розмову веде професіонал, який вміє маніпулювати людьми.

2. Обґрунтування вибору датчиків

Завдання полягає у визначенні оптимальної кількості датчиків системи. Варіант «чим більше, тим краще» – не є доцільним, встановити всі існуючі датчики на кожному метрі – не є економічно обґрунтованим – потрібно шукати оптимальний варіант. Доцільно поставити 4 датчика для одного контрольованого простору, але з різним фізичним принципом дії, що суттєво знижує ймовірність хибної тривоги. А це, в свою чергу, знизить стан напруженості охоронців. Обрані датчики є оптимальними як за ціною, так і характеристиками.

1) Акустичний датчик розбиття скла [2]

Принцип дії полягає в збуренні поля пружних хвиль у повітрі звукового або ультразвукового діапазону в процесі руйнування вікон.

2) 3) Радіохвильовий (РХВ) та радіопроменевий (РІП) засоби виявлення [3] [4]

Ці датчики характеризуються прихованим виявленням порушника (не враховуючи місця постановки передавача та приймача). Можна, наприклад, обрати активний тип систем, які використовують власне джерело випромінювання та за характеристиками відбиття від порушника або змін енергетичного поля, що виникають при його пересуванні проводять виявлення та ідентифікацію. Датчики РХВ та РІП працюють в діапазоні частот 30 МГц – 30 ГГц.

4) Ультразвуковий датчик руху [5]

Використовується для внутрішніх приміщень, виявляє в контрольованій їм зоні об'єкт, що рухається,

^аtrubenkoanna10@gmail.com

або за рахунок доплерівського ефекту, або за зміною інтерференційної картини в просторі.

Ймовірність виявлення (P) та хибного спрацювання (P') коливається в залежності від території, освітлення, погоди, моделі, терміну служби. Розглянемо теоретичну ймовірність виявлення та хибного спрацювання кожного обраного датчика. (табл. 1).

Табл. 1. Ймовірність виявлення P та хибного спрацювання P'

	P	P'
Акустичний датчик	0,975	0,005
Радіохвильовий датчик	0,98	0,05
Радіопроменевий датчик	0,963	0,1
Ультразвуковий датчик	0,985	0,005

Існує 4 варіанти спрацювань:

- Правильне спрацювання
 - Датчик спрацював
 - Порушення є
- Правильне спрацювання
 - Датчик не спрацював
 - Порушення немає
- Помилка 1-го роду
 - Датчик спрацював
 - Порушення немає
- Помилка 2-го роду
 - Датчик не спрацював
 - Порушення є

3. Розрахунок необхідної кількості спрацювань датчиків для тривоги

Розглянемо, наприклад, систему з 4 датчиками в якій існує 16 (2 в степені 4) варіантів комбінацій спрацювань. В табл. 2 зображені всі варіанти спрацювання датчиків (0 – спрацювання немає 1 – спрацювання є). Столпчики – датчики. Рядки – варіації спрацювань.

Табл. 2. Всі варіанти спрацювань датчиків

Випадок	д1	д2	д3	д4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	1
3	0	0	1	0
4	0	0	1	1
5	0	1	0	0
6	0	1	0	1
7	0	1	1	0
8	0	1	1	1
9	1	0	0	0
10	1	0	0	1
11	1	0	1	0
12	1	0	1	1
13	1	1	0	0
14	1	1	0	1
15	1	1	1	0
16	1	1	1	1

На перший погляд здається, що для забезпечення максимальної безпеки буде достатньо спрацювання 1го датчику – це надійно, але це висновок без урахування людського фактору. Після 10го хибного спрацювання протягом декількох годин охоронник або відключить систему, або, якщо система застрахована від ручного відключення, – перестане реагувати та перевіряти чи справді порушення немає. Такий принцип варто використовувати і під час налаштування чутливості датчиків – занадто чутливі, які, наприклад, реагують навіть на фари проїжджаючих авто, можуть бути проігнорованими охороною.

Поставлена задача – уникнути помилок 1-го (хибного спрацювання) і 2-го роду (пропуску порушення). Задача постає в знаходженні оптимальної кількості датчиків, які повинні одночасно спрацювати для того, щоб ідентифікувати порушення. Оцінимо показники для різної варіативності системи. Так, при спрацюванні протягом контрольованого інтервалу часу кожного з датчиків, будемо позначати (1 з 4) або (1/4), ймовірність хибної тривоги буде:

$$P'(1/4) = P'1 + P'2 + P'3 + P'4 = 0,005 + 0,1 + 0,05 + 0,005 = 0,16 \text{ [6]} \quad (1)$$

При спрацюванні усіх датчиків (4 з 4), ймовірність хибної тривоги буде:

$$P'(4/4) = P'1 \cdot P'2 \cdot P'3 \cdot P'4 = 0,005 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,005 = 0,00000012 \quad (2)$$

З цих розрахунків видно на скільки зростає ймовірність хибної тривоги при зміні необхідної кількості датчиків для спрацювання.

Система «АБО» – це подання сигналу тривоги при спрацюванні або першого, або другого, або третього, або четвертого датчика.

Ймовірність правильного спрацювання при налаштуванні системи на спрацювання лише одного датчика (варіант системи «АБО») (1 з 4):

$$\begin{aligned} P(1/4) &= 1 - \prod_1^n (1 - P) = \\ &= 1 - (1 - P1) \cdot (1 - P2) \cdot (1 - P3) \cdot (1 - P4) = \\ &= 1 - (1 - 0,975) \cdot (1 - 0,98) \cdot (1 - 0,963) \cdot (1 - 0,985) = \\ &= 0,9999 \quad (3) \end{aligned}$$

Але в той же час хибна тривога для цього варіанту теж велика:

$$\begin{aligned} P'(1/4) &= 1 - \prod_1^n P' = \\ &= 1 - (1 - P'1) \cdot (1 - P'2) \cdot (1 - P'3) \cdot (1 - P'4) = \\ &= 1 - (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,1) \cdot (1 - 0,005) = \\ &= 0,1535 \quad (4) \end{aligned}$$

Ймовірність правильного спрацювання при виборі системи спрацювання 4 з 4 одночасно:

$$P(4/4) = \prod_1^n P = 0,975 \cdot 0,98 \cdot 0,963 \cdot 0,985 = 0,9063 \quad (5)$$

При виборі системи, коли сигнал тривоги подається при спрацюванні декількох датчиків одночасно, можливо кілька варіантів. Розглянемо спрацювання не менше 2 з 4 датчиків. З таблиці 2 задовільняють умови спрацювання для системи такі варіанти: 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – всього 11. Тоді загальна ймовірність виявлення системи при такій побудові буде:

$$P(2/4) = \sum_1^n (P_1 \cdot P_2 \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - P_4)) \quad (6)$$

Примітка: P_1 і P_2 відповідають спрацюванням двох датчиків для 11 варіантів $(1 - P_3)$ і $(1 - P_4)$ відповідають не спрацюванням іншим датчиком.

Так, наприклад, ймовірність хибної тривоги по 13 випадку буде:

$$P'(2/4) = 0,005 \cdot 0,05 \cdot 0,9 \cdot 0,995 = 0,000223875 \quad (7)$$

Для того ж варіанту ймовірність правильного спрацювання складає:

$$P(2/4) = (P'_1 \cdot P'_2 \cdot (1 - P'_3) \cdot (1 - P'_4)) = 0,975 \cdot 0,98 \cdot 0,027 \cdot 0,015 = 0,0003869775 \quad (8)$$

Так, загальна ймовірність згідно з (5) становить для випадку системи 2/4:

$$P(2/4) = 0,999949; P'(2/4) = 0,006412 \quad (9)$$

Аналогічно розраховуємо показники для випадку 3/4. Варіанти 8, 12, 14, 15, 16 задовільняють виконання умови спрацювання 3 датчиків з 4. Порівнюємо отримані показники у табл. 3.

Табл. 3. Порівняння ймовірностей спрацювання для різних систем

	1/4	2/4	3/4	4/4
P'	0,1535	0,006412	0,00000012	0,00000012
P	0,9999	0,99994	0,99670	0,906344

Якщо обрати систему 1/4, то результатом буде велика кількість хибних спрацювань, проте найбільша ймовірність виявлення. Система 4/4 дає низьку ймовірність хибної тривоги. Цього висновку можна дійти і аналітично, адже яка ймовірність що хибно спрацюють всі 4 датчики. Система 2/4 дає майже таку ж ймовірність виявлення як і система 1/4, а ймовірність хибного спрацювання має оптимальне значення.

Висновки

Отже, в цьому дослідженні було розглянуто та проаналізовано вплив людського фактору на безпеку об'єкту. Людина є слабкою ланкою в охороні. Одним із методів зниження впливу людського фактору на систему є врахування особливостей людської поведінки під час проектування та налаштування системи. Яскравим прикладом є налаштування системи реагування для спрацювання датчиків. Для цієї системи було обрано 4 датчики різного напрямку дії. Вирішено питання стосовно кількості датчиків, які мають спрацювати для подання сигналу тривоги на охорону. Кожний датчик має ймовірність хибної тривоги і цей факт ігнорувати не можна. Розрахункам доведено, що вибір кількості датчиків для спрацювання суттєво впливає на роботу системи. І це той із випадків, коли можна не врахувати людський фактор, і обрати одну з крайнощів (спрацювання усіх датчиків), проте і про технічні помилки не варто забувати і мінімізувати кількість спрацювань (спрацювання лише одного датчика). Найоптимальніший спосіб – вибрати систему «АБО», тобто при спрацюванні 2 або 3 датчиків дає сумарне спрацювання, і подає сигнал охороні.

Перелік використаних джерел

- chnpp.gov.ua Вплив людського фактора на фіз. захист — 2015. — Режим доступу: <https://chnpp.gov.ua/ua/uk/nuclear-security-culture>.
- ohrana.ua PATROL USR. Комбинированный акустический извещатель разрушения многослойного стекла — 2005. — С. 59 с. — Режим доступа: <https://ohrana.ua/datchiki/>.
- forter.com.ua Forteza FMW-3/1 Датчик радиоволновый. Технические характеристики — Режим доступу: <https://www.forter.com.ua/datchiki/fmw-3-1/>.
- prom.ua Smart-IR ABT-100. Инфракрасный бар'єр. Датчик периметра. Технические характеристики — Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p995775919-infrakrasnyj-barer-luchevoj.html?primelead=NA>.
- GSN PATROL USM Ультразвуковой датчик. Технические характеристики — Режим доступу: https://www.oc.com.ua/product/datchik_ultrazvukovoy_gsn_patrol_usm/.
- Шевченко О., Василенко О. Оцінка ймовірносних параметрів сейсмічних точкових систем в периметровій охороні об'єктів. — XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики» — 24-25 квітня 2014 р. м. Київ, НТУУ «КПІ».