

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ / Валерій ТУЗ/

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

## Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою Фізичний захист та облік і контроль  
ядерних матеріалів

зі спеціальності 143 Атомна енергетика

на тему: Розробка методики оцінки вразливості джерел іонізуючого  
випромінювання медичного призначення

**Виконав (-ла):** студент (-ка) \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ курсу, групи ТЗ-01мп

Сітнікова Ольга Леонідівна

(прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

**Керівник** \_\_\_\_\_ асистент Серафим Роман Ігорович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

### Консультанти:

з питань розроблення

стартап-проекту

(назва розділу)

асистент Остапенко І.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

з питань охорони праці

(назва розділу)

к.т.н., доц. Каушанов С.Ф.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

### Рецензент

\_\_\_\_\_ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Теплоенергетичний факультет**  
**Кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики**

Рівень вищої освіти другий(магістерський)  
Спеціальність 143 Атомна енергетика  
Освітньо-професійна програма Фізичний захист та облік і контроль ядерних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

/ВАЛЕРІЙ ТУЗ/

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студентці**

Сітніковій Ользі Леонідівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** Розробка методики оцінки вразливості джерел іонізуючого випромінювання медичного призначення

науковий керівник дисертації

Серафим Роман Ігорович, асистент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «   » \_\_\_\_\_ 2021 р. №    

**2. Термін подання студентом дисертації** "28" листопада 2021 р.

**3. Об'єкт дослідження** Вразливість джерел іонізуючого випромінювання медичного призначення

**4. Вихідні дані** доповіді про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні; державні НПА у сфері фізичного захисту; національні та міжнародні методики підходи проведення оцінки вразливості; ПО SAPHIRE 8.1.8.

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити** Дослідити стан використання радіотерапевтичних апаратів в Україні; проаналізувати вимоги законодавства України в сфері оцінки вразливості; порівняти існуючі методики оцінки вразливості та розробити методику для ДІВ медичного призначення; апробація розробленої методики на гіпотетичному об'єкті – Університетському медичному центрі.

**6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу** \_\_\_\_\_

1. Розподіл апаратів променевої терапії в Україні – 1 аркуш формату А1.

2. Алгоритм методики оцінки вразливості ДІВ медичного призначення – 1 аркуш формату А1.

3. Карта «Університетського медичного центру» та його околиць – 1 аркуш формату А1.  
 4. Дерево подій для сценаріїв зовнішньої радіологічної диверсії – 1 аркуш формату А1.  
 5. ДПДП для гіпотетичного об'єкту – 1 аркуш формату А1  
 6. Дерево відмов для сценаріїв зовнішньої радіологічної диверсії – 1 аркуш формату А1.  
 7. Розподіли ймовірностей реалізації сценаріїв – 1 аркуш формату А1.  
 8. Кресленник «План цокольного поверху «УМЦ»» – 1 аркуш формату А1.  
 9. Кресленник «СФЗ на гіпотетичному об'єкті «УМЦ»» – 1 аркуш формату А1.

**7. Орієнтовний перелік публікацій** *Актуальність розробки методики оцінки вразливості джерел іонізуючого випромінювання медичного призначення. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів 2021 року. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021, Т. 1. – 114 с.*

## 8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з розроблення стартап-проекту	<i>асистент Остапенко І.А.</i>		
з питань охорони праці	<i>к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.</i>		

9. Дата видачі завдання " 27 " жовтня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Стан ядерної медицини в Україні</i>	27.10 – 31.10.2021	
2	<i>Аналіз підходів оцінки вразливості</i>	01.11 – 07.11.2021	
3	<i>Розробка методики оцінки вразливості ДІВ медичного призначення</i>	08.11.2021 – 17.11.2021	
4	<i>Апробація розробленої методики на гіпотетичному об'єкті</i>	18.11 – 26.11.2021	
5	<i>Розробка стартап проекту</i>	11.11 – 14.11.2021	
6	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	13.11 – 17.11.2021	
7	<i>Підпис керівника магістерської дисертації</i>	28.11.2021	
8	<i>Проходження нормоконтролю</i>	29.11-05.12.2021	
9	<i>Попередній захист</i>	06.12-12.12.2021	
10	<i>Державний захист магістерської дисертації</i>	13.12-24.12.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ольга СІТНІКОВА

\_\_\_\_\_ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Роман СЕРАФИН

\_\_\_\_\_ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 100 с., 37 рис., 38 табл., 40 джерел.

Об'єкт дослідження – вразливість ДІВ медичного призначення.

Предмет дослідження – методи оцінки вразливості.

Мета роботи – розробити методика оцінки вразливості джерел іонізуючого випромінювання медичного призначення.

Методи дослідження: порівняльний аналіз, системний підхід, чисельне та математичне моделювання.

В рамках виконання магістерської дисертації було виконано наступні задачі:

- досліджено стан використання радіотерапевтичних апаратів в Україні;
- проаналізовано вимоги законодавства України в сфері проведення оцінки вразливості;
- розглянуто існуючі міжнародні підходи до оцінки вразливості;
- розроблено методика оцінки вразливості джерел іонізуючого випромінювання медичного призначення;
- розроблено гіпотетичний об'єкт «Університетський медичний центр»;
- апробовано розроблену методика на гіпотетичному об'єкті.

ДІВ, ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ, ДИВЕРСІЯ, НЕСАНКЦІОНОВАНЕ ВИЛУЧЕННЯ, КРАДІЖКА, СФЗ

## ABSTRACT

PZ: 100 pp., 37 figs., 38 tablets, 40 sources.

The object of research is ionizing radiation source vulnerabilities.

The subject of research is methods of evaluation of the vulnerabilities.

The purpose of the work is to develop a method of evaluating the vulnerabilities of the medical ionizing radiation sources.

The following tasks were set for this master's work:

- Researching and characterizing the overall condition of radiotherapeutic machines usage in Ukraine;
- Analysis of the requirements set by Ukrainian law in the field of evaluating the vulnerabilities;
- A comparison between existing international methods of evaluating the vulnerabilities;
- Developing a method of evaluating the vulnerabilities of the medical ionizing radiation sources;
- Developing a hypothetical object "University medical center";
- Approbation of the method developed on the hypothetical object.

In this master's dissertation is considered the relevance of the development and introduction of PPS that maximizes protection of the medical ionizing radiation sources from unsanctioned manipulations.

A method of IRS vulnerability evaluation that will allow for effective resource management was developed and approbated.

IRS, vulnerability evaluation, sabotage, unauthorized seizure, theft, PPS.

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП .....	10
1 СТАН ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ В УКРАЇНІ.....	12
1.1 Сучасний стан ядерної медицини в Україні .....	12
1.2 Використання ДІВ в медицині .....	15
1.3 Вимоги законодавства України щодо СФЗ для ДІВ медичного призначення .....	18
1.4 Висновки.....	21
2 ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ З ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ.....	22
2.1 Загальні положення оцінки вразливості.....	22
2.2 Вимоги законодавства України до проведення оцінки вразливості .....	24
2.3 Розробка сценаріїв дій правопорушника .....	26
2.4 Міжнародні підходи з проведення оцінки вразливості .....	32
2.4.1 Методологія NUSAM.....	32
2.4.3 Методика розробки дерева відмов .....	37
2.4.4 Методика дерева подій .....	38
2.5 Проведення експертної оцінки.....	41
2.5.1 Експертні методи оцінки .....	41
2.5.2 Врахування коефіцієнту конкордації.....	45
2.6 Висновки.....	51
3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ ДІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	52
3.1 Загальний алгоритм розробленої методики.....	53
3.2 Розробка дерев подій для сценаріїв радіологічної диверсії .....	54
3.3 Розрахунок ймовірностей настання подій .....	56
3.4 Висновки.....	57

4 АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ НА ГІПОТЕТИЧНОМУ ОБ'ЄКТІ.....	58
4.1 Висновки.....	73
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ.....	74
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	84
6.1 Характеристика дистанційного гамма-апарату і приміщення процедурного приміщення при виконанні роботи на етапі апробації методики ...	84
6.2 Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів .....	87
6.3 Джерела хімічних небезпечних і шкідливих факторів .....	88
6.4 Технічні рішення та організаційні заходи з охорони праці при експлуатації апарату TERAGAM.....	88
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	89
6.5.1 Обов'язки та дії персоналу і населення при НС .....	89
6.5.2 Вимоги до системи оповіщення персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації.....	90
6.5.3 Пожежна безпека.....	91
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	96
ДОДАТОК А ОПИС МЕТОДУ «СНІЖНОЇ ГРУДКИ».....	102
ДОДАТОК Б ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕКСПЕРТІВ .....	103
ДОДАТОК В ОПИС ГІПОТЕТИЧНОГО ОБ'ЄКТУ «УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ МЕДИЧНИЙ ЦЕНТР» .....	105