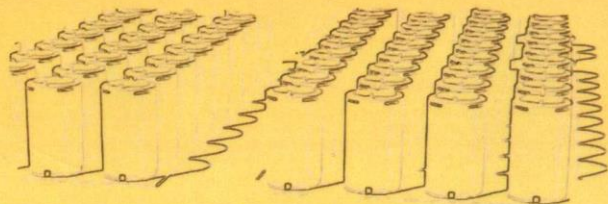


Чугай А. М., Альохіна С. В.

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ
РОЗМІЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ З
ВІДПРАЦЬОВАНИМ ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ**



УДК 621.039.743

ББК 31.47

МЗ1

Рецензенти:

Гребеннік І. В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки;

Ромашов Ю. В. – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри прикладної математики Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна.

Затверджено до друку Вченою радою Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України (протокол № 7 від 16 вересня 2021 р.)

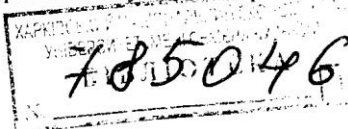
Затверджено до друку Науково-технічною радою Харківського національного університету радіоелектроніки (протокол № 13/3 від 18 листопада 2021 р.)

МЗ1 Чугай А. М., Альохіна С. В. Математичне та комп'ютерне моделювання задачі розміщення контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом. – Х.: НАН України, Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного, 2021. – 210 с.
ISBN 978-966-02-9703-6

Монографія присвячена вирішенню задачі розміщення контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом на майданчику сухого сховища, що є важливим компонентом комплексного аналізу його безпеки. Проблему пошуку оптимального розміщення контейнерів з урахуванням заданих технологічних обмежень можна сформулювати у вигляді задачі оптимізації геометричного проектування.

Розв'язання задачі зводиться до пошуку оптимального розміщення заданого набору конгруентних кіл у багатозв'язній області з урахуванням заданих технологічних обмежень. Запропонований підхід заснований на математичному моделюванні відносин між геометричними об'єктами за допомогою методу ϕ -функцій. Це дозволило звести вирішення задачі до задачі нелінійного програмування. Для визначення теплового стану отриманої групи контейнерів використано багаторівневий ітераційний підхід до математичного моделювання теплових процесів, який дозволяє враховувати різні фактори експлуатації контейнерів зберігання.

Монографія може бути корисною експлуатаційному персоналу АЕС та об'єктів тимчасового зберігання відпрацьованого ядерного палива, фахівцям проектно-конструкторських організацій атомно-енергетичного профіля, науковим співробітникам, аспірантам та студентам енергетичних спеціальностей.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАДАЧА ЗБЕРІГАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ВІДПРАЦЬОВАНИМ ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ.....	3 8
1.1. Основи зберігання відпрацьованого ядерного палива.....	8
1.2. Технологічні умови розміщення контейнерів з ВЯП	14
2. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ З ВЯП. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	17
2.1. Сутність теорії оптимізаційного геометричного проектування.....	17
2.2. Постановка основної оптимізаційної задачі геометричного проектування.....	20
2.3. Формалізація задачі розміщення контейнерів з ВЯП в рамках теорії геометричного проектування.....	25
2.4. Математичне моделювання в оптимізаційному геометричному проектуванні.....	33
2.4.1. Подання геометричної інформації про реальні об'єкти в просторі R^2	33
2.4.2. Φ -функція і її основні властивості.....	34
2.4.3. Псевдонормалізовані Φ -функції.....	38
2.4.4. Квазі- Φ -функції.....	40
2.4.5. Функція відносин між Φ -об'єктами.....	41
2.5. Узагальнена математична модель оптимізаційної задачі розміщення геометричних об'єктів.....	42
2.6. Дослідження узагальненої математичної моделі.....	50
2.7. Побудова Φ -функції геометричних об'єктів.....	55
2.7.1. Умова включення кола у багатозв'язну область, границя основи якої сформована відрізками прямих та дугами кіл.....	55
2.7.2. Метод побудови Φ -функції для неорієнтованих об'єктів.....	61
2.7.3. Φ -функція для $K_1(v_1)$ й $C_2(v_2)$	62
2.7.4. Φ -функція для $K_1^*(u_1)$ та $K_2(u_2)$	70

2.7.5. Phi-функція $K_1(u_1)$ та $K_2(u_2)$	71
2.7.6. Phi-функція для $K_1^*(u_1)$ й $C_2(v_2)$	72
2.7.7. Phi-функція багатокутника $K_1(u_1)$ та кругового сегменту $S_{s_2}(u_2)$	73
2.7.8. Phi-функція круга $C_1(u_1)$ та кругового сегменту $S_{s_2}(u_2)$	76
2.7.9. Phi-функція для $S_{s_1}(u_1)$ та $S_{s_2}(u_2)$	77
2.7.10. Phi-функція об'єкту $K_1^*(u_1)$ та $S_{s_2}(u_2)$	80
2.7.11. Засоби математичного моделювання відносин неорієнтованих об'єктів із сімейства складених 2D об'єктів.....	80
2.8. Математична модель задачі та її властивості.....	82
3. МЕТОДОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ.....	89
3.1. Опис загальної методології.....	89
3.2. Методи, які застосовуються на першому етапі.....	100
3.2.1. Стратегія розв'язання.....	100
3.2.2. Використання дерева рішень для отримання крайніх точок області допустимих рішень.....	100
3.2.3. Організація перебору початкових точок... ..	104
3.2.4. Локальна оптимізація у задачі розміщення конгруентних об'єктів з урахуванням зон заборони.....	110
3.2.5. Метод регулярних розміщень.....	115
3.2.6. Метод можливих напрямів зі стратегією активного набору на підобластях.....	118
3.2.7. Особливості реалізації методу глобальної оптимізації.....	120
3.3. Методи розв'язання, що застосовуються на другому етапі.....	128
3.3.1. Побудова простору розв'язків.....	128
3.3.2. Метод внутрішньої точки разом зі стратегією декомпозиції.....	151
3.3.3. Декомпозиція задачі нелінійного програмування.....	164
4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ ГРУППИ КОНТЕЙНЕРІВ.....	174

5. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОГО ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ КОНТЕЙНЕРІВ У ГРУПІ.....	191
ВИСНОВКИ.....	203
ВИКОРИСТАННІ ДЖЕРЕЛА.....	204