Рис. 5 – Залежність концентрації перміату x_2 від тиску**Література**

1. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. - М.: Химия, 1978. - 352 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов: Ч. 1-2.-М.: Химия, 1992.-612 с
3. Сидоренко С.В., Юдіна А.В. Дослідження очищення водних розчинів зворотнім осмосом// Збірка тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Екологія. Людина. Суспільство” (13-18 травня 2009 р., м. Київ, Україна).” - К.: 2009. - С. 88-89.
4. Стенд для ресурсних досліджень очищення водних розчинів шляхом адсорбції та зворотного осмосу в режимі безперервного часу/ Сидоренко С. В., Гулієнко С. В., Юдіна А. В., Тодорюк Т. В. - Заявка №U201002838 на одержання патенту України від 12.03.2010.
5. Сидоренко С.В., Гулієнко С.В., Юдіна А.В., Тодорюк Т.В. Експериментальне дослідження роботи лабораторного стенду для очищення водних розчинів зворотнім осмосом. Зб. доповідей уч. XIII Міжнародної наукової конференції «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств», Одеса: 2010.

УДК 504.55:628.398

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В СХОВИЩІ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Михальчук О. Д. магістрант, Степанюк А. Р. к.т.н., доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

В даній роботі представлено результати дослідження процесу теплообміну в сховищі радіоактивних відходів.

In this work are represented the results of heat transfer process in radioactive waste repository.

Ключові слова: теплообмін, теплопровідність, захоронення радіоактивних відходів.

Одним з негативних наслідків в сфері використання ядерної енергетики є накопичення радіоактивних відходів. Відпрацьоване паливо складають та зберігають в спеціально обладнаних сховищах з метою їх подальшого захоронення в надрах. Для цього ретельно обирають місце майбутнього сховища, його тип та проводять оцінку безпеки. Одним за пунктів оцінки безпеки є розробка системи інженерних бар'єрів в яку входить дослідження розподілення температурного поля внаслідок виділення теплоти радіоактивними відходами [1].

Мета роботи: дослідити процес теплообміну у сховищі радіоактивних відходів, надати рекомендації щодо використання ресурсоенергозберігаючих технологій.

Розроблена фізична та математична моделі процесу. Фізична модель складається з трьох шарів (Рис.1): залізний – шар оболонки контейнера; шар бентоніту та шар породи. Властивості моделі визначаються теплофізичними властивостями матеріалів які в неї входять.

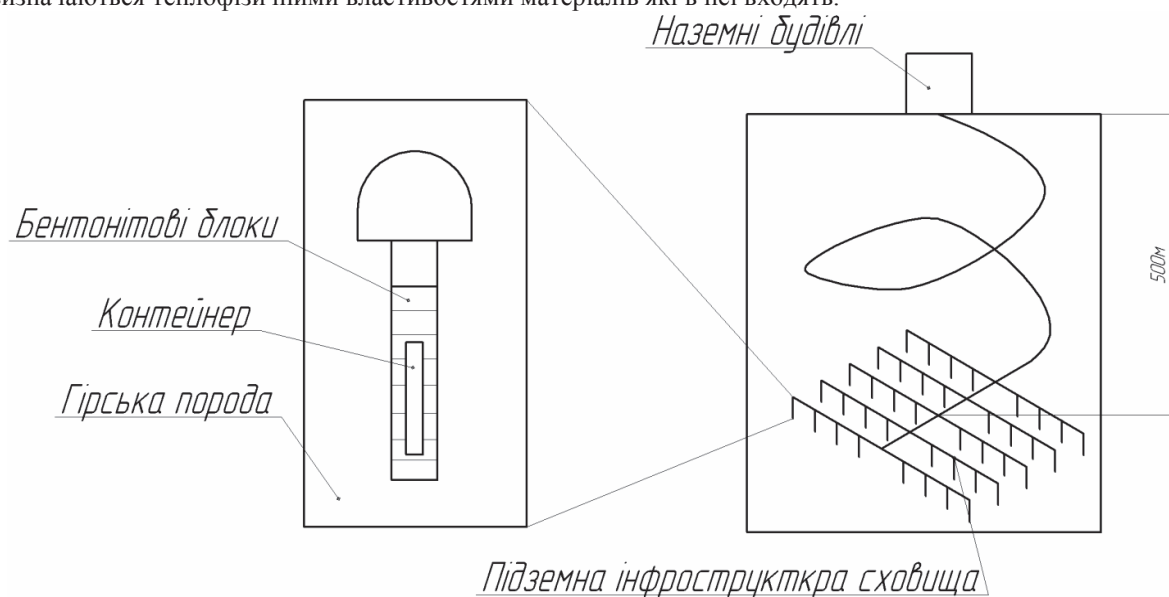


Рис. 1 – Концепція геологічного сховища шахтного типу

Для отримання теоретичних даних складено двовимірну математичну модель процесу охолодження контейнера [2]. Вона описується диференціальним рівнянням в часткових похідних.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$$

де $a = \frac{\lambda}{\rho C_p}$ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); U — температура, °К;

t — час, с; x — відстань від центру тепловиділення, м.

Для розв'язку цього рівняння було застосовано метод сіток.

Суть методу сіток [3] полягає в наступному:

— область безперервної зміни аргументів, в якій шукається рішення рівняння, доповненого, якщо необхідно, крайовими і початковими умовами, замінюється дискретною безліччю точок (вузлів), яка називається сіткою;

— замість функцій безперервного аргументу розглядаються функції дискретного аргументу, що визначаються в вузлах сітки які називаються сітковими функціями;

— похідні, що входять в рівняння, крайові та початкові умови, апроксимуються різницею відносинами;

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{U_{i-1} + U_{i+1}}{2h},$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \frac{U_{i-1} - 2U_i + U_{i+1}}{h^2};$$

— інтеграли апроксимуються за допомогою квадратурних формул;

— при цьому вихідне рівняння (завдання) замінюється системою (лінійних, якщо вихідна задача була лінійною) алгебраїчних рівнянь (системою сіткових рівнянь, а стосовно диференціальних рівнянь - різницевої схемою).

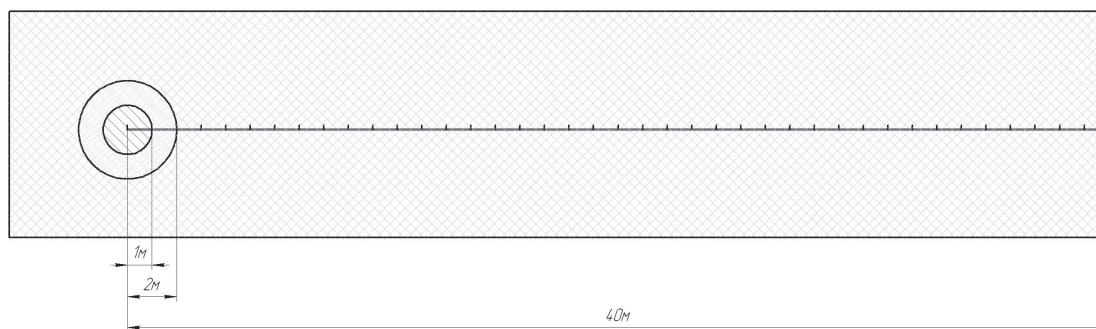


Рис. 2 – Схема моделі

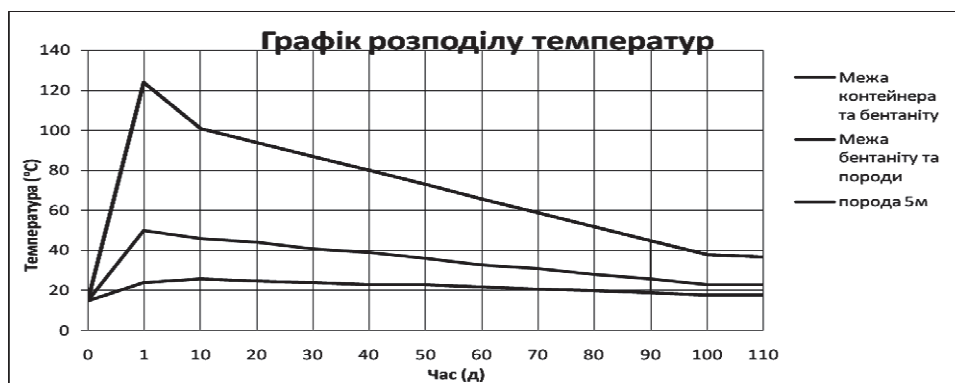


Рис. 3 – Графік розподілу температур

Вихідні дані та геометрія моделі системи захоронення прийняті на основі реальних даних. Властивості моделі визначаються теплофізичними властивостями матеріалів використаних в ній:

— контейнер: густина $\rho = 8900$ кг/м³, теплоємність $C_p = 380$ Дж/(кг·К), коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 390$ Вт/(м·К); бентоніт: густина $\rho = 2100$ кг/м³, теплоємність $C_p = 450$ Дж/(кг·К), коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 1$ Вт/(м·К); порода: густина $\rho = 2749$ кг/м³, теплоємність $C_p = 787$ Дж/(кг·К), коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 2,61$ Вт/(м·К); початкова температура моделі приймається рівною 15 °С. Температура оточуючого середовища 15 °С; потужність джерела тепловиділення – змінна і має такі значення:

- через 1 рік – 1110 Вт,
- через 10 років – 818 Вт,
- через 100 років – 217 Вт,
- через 1000 років – 51 Вт.

Геометрією: модель одномірна і розподіл температури в ній відбувається по прямій (відстань від центру тепловиділення). Для моделі важливо визначити (задати) такі параметри як товщі шару: контейнер – 1 м, бентоніт – 2 м, порода – 40 м.

Результати оброблені у вигляді графічної залежності температури від часу (рис 3). Кожна крива характеризує стан конкретної точки, віддаленої від центра тепловиділення на певну відстань.

Висновки: аналізуючи графічні залежності, зображені на рисунку 3, можна зробити висновки, що протягом щонайменше 10 років з моменту розташування відходів, у контейнері доцільно відбирати надлишкову енергію внутрішніх потреб служб експлуатації сховища. Для цього можна навколо корпусу розташувати пристрої для знімання надлишкового тепла, яке необхідно в подальшому перетворити в електроенергію.

Література

1. В. Бревитц, Ю. А. Шибецкий, Ю. Ф. Руденко, Н. Б. Кастельцева “Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины (проблемы и возможные решения)” К.:2006; 398.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973.-752с.
3. Самарский А. А., Введение в теорию разностных схем, М., 1971; Годунов С. К., Рябенский В. С., Разностные схемы, М., 1973.