

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ РИЗИКІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання практичних робіт

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ РИЗИКІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт
для студентів напрямку підготовки 6.050702 «Електромеханіка»
спеціальності 7.05070205 «Електромеханічні системи геотехнічних
виробництв»)

Частина 3

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Оцінка технічних ризиків: методичні вказівки до виконання практичних робіт / Уклад.: О. М. Терентьєв. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – Ч. 3. - 70 с.

У третій частині методичних вказівок розглянуто метод ієрархій при виборі варіантів технічного рішення, на прикладі вибору способів очистки рідини та критеріїв їх порівняння. Проводиться розрахунок ступені важливості критеріїв порівняння способів очистки рідини та визначається ступінь їх важливості. Надано порядок системного аналізу ризику впровадження інноваційної технології. Розкриваються підходи до керування ризиками проекту - Project Risk Management з математичним апаратом кількісного підходу до оцінки ризику та убезпечення ризику випуску неякісної продукції.

Надається приклад визначення товщини стінки ємності для упередження її розгерметизації при зберіганні агресивних речовин. Обрунтовується вибір необхідного і достатнього числа дослідів і визначення точності вимірювання з розрахунком коефіцієнта довірчої ймовірності Стюдента.

*Гриф надано Вченою радою ІЕЕ НТУУ «КПІ»
(Протокол № 9 від 15 лютого 2016 р.)*

Навчальне видання

Оцінка технічних ризиків

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

для студентів напрямку підготовки 6.050702 «Електромеханіка»
(спеціальності 7.05070205 «Електромеханічні системи геотехнічних
виробництв»)

Електронне видання

Укладач: *Терентьєв Олег Маркович*, д-р. техн. наук, проф.

Відповідальний

редактор: *Лістовік Леонид Константинович*, канд. техн. наук, доц.

Рецензент: *Ткачук Костянтин Костянтинович*, д-р. техн. наук, проф.

Комп'ютерний

набір: *Терентьєв Олег Маркович*, д-р. техн. наук, проф.

Зміст

Практична робота № 8 Метод ієрархій при виборі варіантів.....	5
8.1. Короткі теоретичні відомості.....	6
8.2. Вибір способів очистки рідини та критеріїв їх порівняння.....	7
8.3. Розрахунок степені важливості критеріїв порівняння способів.....	9
8.4. Степінь важливості критеріїв способу очистки рідини магнітно-ультразвукове, адсорбційним фільтруванням.....	11
8.5. Степінь важливості критеріїв порівняння біологічного способу очистки рідини.....	13
8.6. Степінь важливості критеріїв порівняння хімічної фільтрації...	15
8.7. Степінь важливості критеріїв порівняння очистки осмосом.....	16
8.8. Степінь важливості критеріїв порівняння очистки електролізом	18
Перелік посилань.....	21
Додаток А. Пояснення до коду УДК.....	21
Додаток Б. Пояснення до вибору коду продукту з ДКПП 016-97....	21
Практична робота № 9. Ризик випуску неякісної продукції.....	22
Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів.....	23
9.1. Опис інноваційної технології очистки водних середовищ.....	24
9.2. Аналіз ризику впровадження інноваційної технології.....	27
9.3. Керування ризиками проекту - Project Risk Management.....	30
9.4. Математичний апарат кількісного підходу до оцінки ризику	32
Висновки.....	34
Практичні рекомендації.....	34
Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання.....	34
Перелік посилань.....	35
Додаток А. Пояснення до вибору коду УДК.....	35
Додаток Б. Пояснення до коду продукту ДКПП 016-97.....	35
Практична робота № 10. Визначення товщини стінки ємності для убезпечення її розгерметизації при зберіганні агресивних речовин...	36
10.1. Методика визначення необхідного числа експериментів.....	37
10.2. Розрахунок коефіцієнта довірчої ймовірності Стюдента.....	43
10.3. Вибір необхідного і достатнього числа дослідів.....	45
10.4. Кількість експериментів і визначення точності вимірів	47
Висновки.....	51
Практичні рекомендації.....	52
Перелік посилань.....	53
Додаток А. ДСТУ 4046-2001. Коефіцієнти довірчої ймовірності за розподілом Стюдента.....	54
Додаток Б. Використання оболонки LabView.....	56
Додаток В. Межгосударственный стандарт ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) "Штангенциркули	59
Додаток Г. Захисні покриття	66

УДК _____
КП _____
№ державної реєстрації _____
Інв. № _____

Міністерство освіти і науки, молоді і спорту України
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”
Інститут енергозбереження і енергоменеджменту
03056, м. Київ, вул.. Борщагівська, 115

„Затверджую”
Зав. кафедрою Електромеханічного
Обладнання енергоємних виробництв
_____ Шевчук С.П.
„_____” _____ 2016 р

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

З дисципліни «Віртуальні прилади інженерних досліджень»

Тема:

МЕТОД ІЄРАРХІЙ ПРИ ВИБОРІ ВАРІАНТІВ

Керівник

д.т.н., проф. Терентьєв О.М.

Виконав:

Студент групи _____
№

_____ П.І.Б.

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Мета: Отримання навичок оцінювання варіантів аналізу способу очищення рідини методом системного аналізу ієрархій.

- Завдання:**
1. Кількісна оцінка степені важливості критеріїв кожного з варіантів, що порівнюються.
 2. Визначення степені важливості обраних критеріїв.
 3. Оцінювання степені відповідності способу очистки обраному критерію.
 4. Визначення відносного степеню відповідності обраного способу очистки певному критерію.

Об'єкт дослідження: процес оцінювання варіантів аналізу способу очищення рідини методом системного аналізу ієрархій.

Предмет дослідження: Обґрунтування вибору раціонального способу очищення рідини від іонів домішок.

8.1. Короткі теоретичні відомості

Сутність методу аналізу ієрархій (MAI) полягає в наступному [1-3]. Є якась мета й сукупність одночасно реалізованих методів (розв'язуваних завдань), які забезпечують досягнення цієї мети. Зазначена мета розділюється на ряд завдань або критеріїв (умов), виконання яких забезпечує досягнення поставленої мети. Обрані критерії по парно порівнюються між собою (кожний з кожним) і по 9-ти бальній (або п'ятибальній) системі визначається відносний ступінь важливості кожного критерію в парі. На основі отриманої матриці порівнянь визначається відносна величина ступеня важливості кожного із критеріїв для досягнення поставленої мети в цілому. Аналогічним способом, шляхом по парного порівняння, для кожного критеріїв формуються матриці методів, на основі яких визначається ступінь відповідності кожного методу кожному із критеріїв. Надалі з урахуванням ступеня важливості кожного критерію визначається внесок (ваговий коефіцієнт) кожного з методів для досягнення поставленої мети.

У розглянутому прикладі кількість обраних критеріїв п'ять, кількість використовуваних методів (підходів до оцінки) так само - 5, а особа, або комп'ютерна база знань, що приймає рішення (експерт) є компетентною, тобто здатна прорахувати абсолютну значимість кожного з елементів, що зіставляються, і проводити порівняння з урахуванням цієї значимості. Для проведення оцінки використана 5-ти бальну систему оцінки: 1, 2, 3, 4, 5.

Метою узгодження розрахованих значень ринкової цінності є: адекватне визначення її підсумкової величини. Як критерії (умови), що забезпечують досягнення цієї мети формується множина вихідних вимог до альтернативних способів очищення рідини. Фактично, ці вимоги і є критеріями порівняння при їх багатокритеріальній оцінці.

8.2. Вибір способів очистки рідини та критеріїв для їх порівняння

Для розв'язання поставленої задачі були прийняті наступні вихідні критерії:

H_1 – мінімальна енергоємність процесу. В умовах гострого дефіциту енергоносіїв проблема раціонального використання енергії є важливою для кожної технології. Витрати на енергію можуть складати значну частку в загальній собівартості кінцевої продукції.

H_2 – висока продуктивність процесу. Цей критерій спрямований на скорочення виробничого циклу і підвищення ефективності процесу в цілому.

H_3 – мінімальні витрати на обладнання і допоміжні матеріали. Зі збільшенням вартості обладнання і допоміжних матеріалів (п'єзокераміки, шайб магнітних, іонітів, вимірювальних пристроїв, інструментів тощо) збільшується термін окупності обладнання і собівартість кінцевої продукції.

H_4 – можливість повторного використання відходів (рециклінгу) технології.

H_5 – мінімальний екологічний вплив на довкілля. Жорсткі норми щодо екологічної безпеки, які впроваджуються в розвинених країнах світу висувають

вимоги контролю і неприпустимості забруднення оточуючого середовища промисловими виробничими відходами.

Як методи досягнення мети оцінюються наступні способи очищення рідини від іонів домішок:

P_1 – магнітно –ультразвуковий з адсорбційною фільтрацією.

P_2 – біологічна очистка.

P_3 – хімічна фільтрація.

P_4 – осмос.

P_5 – електроліз.

Сформовані критерії порівняння способів очищення рідини мають різний вплив на прийняття кінцевого рішення. Тому на наступному етапі реалізації матричного методу парних порівнянь оцінюють питому вагу впливу вихідних вимог (критеріїв порівняння) на функцію корисності, в якості якої прийнята ефективність очищення рідини від іонних домішок.

Ранжирування являє собою розташування критеріїв у порядку зростання ступеня їхньої важливості. Наприклад, способу очищення, що найгіршим чином відповідає обраному критерію, привласнюється ранг 1, наступному - ранг 2, найкращому - ранг 5. Прийняті для оцінки бали позначають ступінь важливості для критеріїв або ступінь відповідності способу обраному критерію: 1 - низька, 3 - середня, 5 - висока. Інші градації мають проміжне значення.

Далі кожному критерію й способу привласнюються бали або ранги, що заносяться у матрицю логічного ранжування критеріїв порівняння.

На підставі експертних оцінок проведено ранжування критеріїв оцінки способів очистки рідини, які обрані для порівняння звичайним фільтруванням. Результати занесені у Таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 - Матриця логічного ранжування критеріїв порівняння

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємність	Н ₂ висока продуктивність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність
Звичайна фільтрація	$a_0^1 = 5$	$a_0^2 = 3$	$a_0^3 = 4$	$a_0^4 = 1$	$a_0^5 = 2$
P ₁ - МУАФ	$a_1^1 = 4$	$a_1^2 = 2$	$a_1^3 = 1$	$a_1^4 = 3$	$a_1^5 = 5$
P ₂ – біологічна очистка.	$a_2^1 = 5$	$a_2^2 = 1$	$a_2^3 = 3$	$a_2^4 = 2$	$a_2^5 = 4$
P ₃ – хімічна фільтрація	$a_3^1 = 5$	$a_3^2 = 4$	$a_3^3 = 3$	$a_3^4 = 2$	$a_3^5 = 1$
P ₄ – осмос.	$a_4^1 = 1$	$a_4^2 = 3$	$a_4^3 = 2$	$a_4^4 = 4$	$a_4^5 = 5$
P ₅ – електроліз	$a_5^1 = 1$	$a_5^2 = 5$	$a_5^3 = 3$	$a_5^4 = 4$	$a_5^5 = 2$

Примітка: а – бали(ранги), індекси: верхній номер критерію, нижній – номер способу очищення рідини (0 – для традиційного способу очищення, механічний фільтр)

8.3. Розрахунок степені важливості критеріїв порівняння способів

Для розрахунку степені важливості критеріїв порівняння для способу очистки рідини звичайним фільтруванням використаний класичний метод аналізу ієрархій. Для обраних критеріїв оцінки на підставі даних таблиці 8.1 підраховується відносна степінь важливості критеріїв способу очистки рідини звичайним фільтруванням. Результати заносять до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Відносна степінь важливості критеріїв при способі очистки рідини звичайним фільтруванням

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємність	Н ₂ висока продуктивність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємність	1	$A_0^{12} = \frac{a_0^1}{a_0^2} = \frac{5}{3} = 1,67$	$A_0^{13} = \frac{a_0^1}{a_0^3} = \frac{5}{4} = 1,25$	$A_0^{14} = \frac{a_0^1}{a_0^4} = \frac{5}{1} = 5,00$	$A_0^{15} = \frac{a_0^1}{a_0^5} = \frac{5}{2} = 2,50$	$B_0^1 = \left(1 * A_0^{12} * A_0^{13} * A_0^{14} * A_0^{15}\right)^{1/5} = 1,92$	$M_0^1 = B_0^1 / B_0 = 1,92 / 5,76 = 0,33$
Н ₂ висока продуктивність	$A_0^{21} = \frac{a_0^2}{a_0^1} = \frac{3}{5} = 0,6$	1	$A_0^{23} = \frac{a_0^2}{a_0^3} = \frac{3}{4} = 0,75$	$A_0^{24} = \frac{a_0^2}{a_0^4} = \frac{3}{1} = 3,00$	$A_0^{25} = \frac{a_0^2}{a_0^5} = \frac{3}{2} = 1,50$	$B_0^2 = \left(A_0^{21} * 1 * A_0^{23} * A_0^{24} * A_0^{25}\right)^{1/5} = 1,15$	$M_0^2 = B_0^2 / B_0 = 1,15 / 5,76 = 0,20$
Н ₃ мінімальні витрати	$A_0^{31} = \frac{a_0^3}{a_0^1} = \frac{4}{5} = 0,80$	$A_0^{32} = \frac{a_0^3}{a_0^2} = \frac{4}{3} = 1,33$	1	$A_0^{34} = \frac{a_0^3}{a_0^4} = \frac{4}{1} = 4,00$	$A_0^{35} = \frac{a_0^3}{a_0^5} = \frac{4}{2} = 2,00$	$B_0^3 = \left(A_0^{31} * A_0^{32} * 1 * A_0^{34} * A_0^{35}\right)^{1/5} = 1,54$	$M_0^3 = B_0^3 / B_0 = 1,54 / 5,76 = 0,27$
Н ₄ відсутність відходів	$A_0^{41} = \frac{a_0^4}{a_0^1} = \frac{1}{5} = 0,20$	$A_0^{42} = \frac{a_0^4}{a_0^2} = \frac{1}{3} = 0,33$	$A_0^{43} = \frac{a_0^4}{a_0^3} = \frac{1}{4} = 0,25$	1	$A_0^{45} = \frac{a_0^4}{a_0^5} = \frac{1}{2} = 0,50$	$B_0^4 = \left(A_0^{41} * A_0^{42} * A_0^{43} * 1 * A_0^{45}\right)^{1/5} = 0,38$	$M_0^4 = B_0^4 / B_0 = 0,38 / 5,76 = 0,07$
Н ₅ екологічна безпечність	$A_0^{51} = \frac{a_0^5}{a_0^1} = \frac{2}{5} = 0,40$	$A_0^{52} = \frac{a_0^5}{a_0^2} = \frac{2}{3} = 0,66$	$A_0^{53} = \frac{a_0^5}{a_0^3} = \frac{2}{4} = 0,50$	$A_0^{54} = \frac{a_0^5}{a_0^4} = \frac{2}{1} = 2,00$	1	$B_0^5 = \left(A_0^{51} * A_0^{52} * A_0^{53} * A_0^{54} * 1\right)^{1/5} = 0,77$	$M_0^5 = B_0^5 / B_0 = 0,77 / 5,76 = 0,13$
Сума						$B_0 = B_0^1 + B_0^2 + B_0^3 + B_0^4 + B_0^5 = 5,76$	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очищення рідини звичайним фільтруванням, таблиця 8.2, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій H_1 мінімальної енергоємності, а найменшу вагу 0,38 має критерій H_2 – відсутність відходів. На рисунку 8.1 представлені ступені важливості критеріїв при використанні способу очищення рідини звичайним фільтруванням.

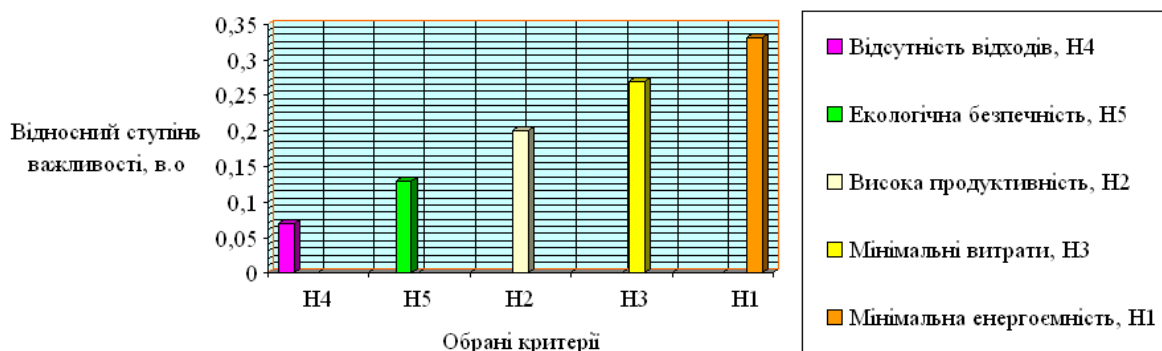


Рисунок 8.1 Відносна важливість обраних критеріїв для звичайного фільтрування

Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має мінімальна енергоємність H_1 – 0,33. Далі йдуть наступні критерії відповідно: мінімальні витрати H_3 – 0,27; висока продуктивність H_2 – 0,20; екологічна безпеність H_5 – 0,13; і найменше важливий критерій відсутність відходів H_4 – 0,07.

8.4. Ступінь важливості критеріїв способу очистки рідини магнітно-ультразвукове, адсорбційним фільтруванням

Для обраних критеріїв оцінки на підставі даних таблиці 8.1 підраховується відносна ступінь важливості критеріїв способу очистки рідини магнітно-ультразвукове, адсорбційним фільтруванням (МУАФ) використаний також метод аналізу ієрархій. Результати розрахунку заносять до таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Відносна степінь важливості критеріїв для способу очистки рідини магнітно-ультразвукове, адсорбційне фільтрування

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємність	Н ₂ висока продуктивність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємність	1	$A_1^{12} = \frac{a_1^1}{a_1^2} = \frac{4}{2} = 2,00$	$A_1^{13} = \frac{a_1^1}{a_1^3} = \frac{4}{1} = 1,25$	$A_1^{14} = \frac{a_1^1}{a_1^4} = \frac{4}{3} = 1,33$	$A_1^{15} = \frac{a_1^1}{a_1^5} = \frac{4}{5} = 0,80$	$B_1^1 = (1 * A_1^{12} * A_1^{13} * A_1^{14} * A_1^{15})^{1/5} = 1,22$	$M_1^1 = B_1^1 / B_1 = 1,22 / 5,44 = 0,22$
Н ₂ висока продуктивність	$A_1^{21} = \frac{a_1^2}{a_1^1} = \frac{2}{4} = 0,5$	1	$A_1^{23} = \frac{a_1^2}{a_1^3} = \frac{2}{1} = 2,00$	$A_1^{24} = \frac{a_1^2}{a_1^4} = \frac{2}{3} = 0,67$	$A_1^{25} = \frac{a_1^2}{a_1^5} = \frac{2}{5} = 0,40$	$B_1^2 = (A_1^{21} * 1 * A_1^{23} * A_1^{24} * A_1^{25})^{1/5} = 0,77$	$M_1^2 = B_1^2 / B_1 = 0,77 / 5,44 = 0,14$
Н ₃ мінімальні витрати	$A_1^{31} = \frac{a_1^3}{a_1^1} = \frac{1}{4} = 0,25$	$A_1^{32} = \frac{a_1^3}{a_1^2} = \frac{1}{2} = 0,50$	1	$A_1^{34} = \frac{a_1^3}{a_1^4} = \frac{1}{3} = 0,33$	$A_1^{35} = \frac{a_1^3}{a_1^5} = \frac{1}{5} = 0,20$	$B_1^3 = (A_1^{31} * A_1^{32} * 1 * A_1^{34} * A_1^{35})^{1/5} = 0,38$	$M_1^3 = B_1^3 / B_1 = 0,38 / 5,44 = 0,07$
Н ₄ відсутність відходів	$A_1^{41} = \frac{a_1^4}{a_1^1} = \frac{3}{4} = 0,75$	$A_1^{42} = \frac{a_1^4}{a_1^2} = \frac{3}{2} = 1,50$	$A_1^{43} = \frac{a_1^4}{a_1^3} = \frac{3}{1} = 3,00$	1	$A_1^{45} = \frac{a_1^4}{a_1^5} = \frac{3}{5} = 0,60$	$B_1^4 = (A_1^{41} * A_1^{42} * A_1^{43} * 1 * A_1^{45})^{1/5} = 1,15$	$M_1^4 = B_1^4 / B_1 = 1,15 / 5,44 = 0,21$
Н ₅ екологічна безпечність	$A_1^{51} = \frac{a_1^5}{a_1^1} = \frac{5}{4} = 1,25$	$A_1^{52} = \frac{a_1^5}{a_1^2} = \frac{5}{2} = 2,50$	$A_1^{53} = \frac{a_1^5}{a_1^3} = \frac{5}{1} = 5,00$	$A_1^{54} = \frac{a_1^5}{a_1^4} = \frac{5}{3} = 1,67$	1	$B_1^5 = (A_1^{51} * A_1^{52} * A_1^{53} * A_1^{54} * 1)^{1/5} = 1,92$	$M_1^5 = B_1^5 / B_1 = 1,92 / 5,44 = 0,36$
Сума						$B_1 = B_1^1 + B_1^2 + B_1^3 + B_1^4 + B_1^5 = 5,44$	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини магнітно-ультразвуковим, адсорбційним фільтруванням, таблиця 8.3, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій Н₅ екологічна безпечність, а найменшу вагу 0,38 має критерій Н₃ – мінімальні витрати матеріалів і обладнання. На рисунку 8.2 представлені ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини магнітно-ультразвуковим, адсорбційним фільтруванням.

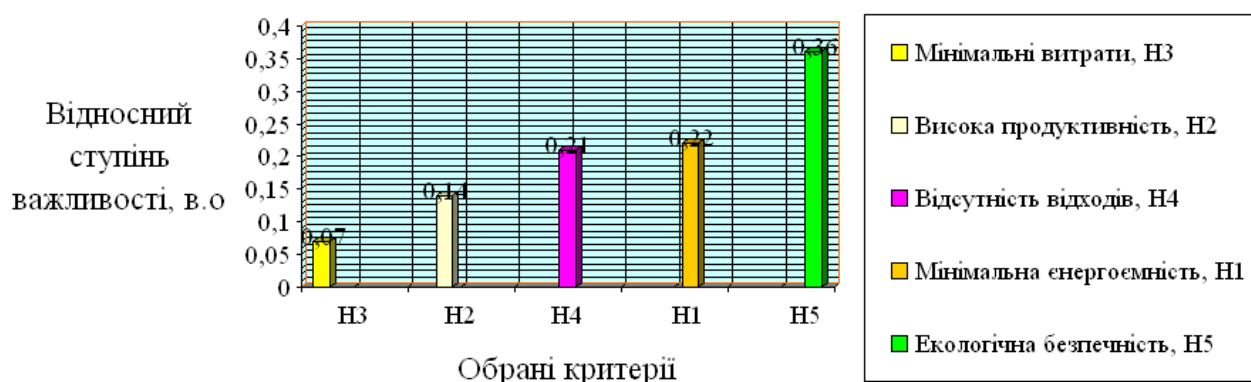


Рисунок 8.2 - Відносна важливість обраних критеріїв при використанні способу очистки рідини магнітно-ультразвуковим, адсорбційним фільтруванням

Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має Екологічна безпечність Н₅ – 0,36. Далі йдуть наступні критерії відповідно: мінімальна енергоємність Н₁- 0,22; відсутність відходів Н₄ – 0,21; висока продуктивність Н₂ – 0,14; і найменше важливий критерій мінімальні витрати матеріалів Н₃ – 0,07.

8.5. Ступінь важливості критеріїв порівняння біологічного способу очистки рідини

На підставі даних таблиці 8.1 підраховується відносна ступінь важливості критеріїв біологічного способу очистки рідини та результати розрахунку заносять до таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Відносна степінь важливості критеріїв для біологічного способу очистки рідини

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємні сть	Н ₂ висока продуктив ність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємні сть	1	$A_2^{12} = \frac{a_2^1}{a_2^2} = \frac{5}{1} =$ =5,00	$A_2^{13} = \frac{a_2^1}{a_2^3} = \frac{5}{3} =$ =1,67	$A_2^{14} = \frac{a_2^1}{a_2^4} = \frac{5}{2} =$ =2,50	$A_2^{15} = \frac{a_2^1}{a_2^5} = \frac{5}{4} =$ =1,25	$B_2^1 = \left(1 * A_2^{12} * A_2^{13} * A_2^{14} * A_2^{15}\right)^{1/5} =$ =1,92	$M_2^1 = B_2^1 / B_2$ = 1,92/5,75= =0,33
Н ₂ висока продуктивні сть	$A_2^{21} = \frac{a_2^2}{a_2^1} = \frac{1}{5} =$ =0,20	1	$A_2^{23} = \frac{a_2^2}{a_2^3} = \frac{1}{3} =$ =0,33	$A_2^{24} = \frac{a_2^2}{a_2^4} = \frac{1}{2} =$ =0,50	$A_2^{25} = \frac{a_2^2}{a_2^5} = \frac{1}{4} =$ =0,25	$B_2^2 = \left(A_2^{21} * 1 * A_2^{23} * A_2^{24} * A_2^{25}\right)^{1/5} =$ =0,38	$M_2^2 = B_2^2 / B_2$ = 0,38/5,75= = 0,07
Н ₃ мінімальні витрати	$A_2^{31} = \frac{a_2^3}{a_2^1} = \frac{3}{5} =$ =0,60	$A_2^{32} = \frac{a_2^3}{a_2^2} = \frac{3}{1} =$ =3,00	1	$A_2^{34} = \frac{a_2^3}{a_2^4} = \frac{3}{2} =$ =1,50	$A_2^{35} = \frac{a_2^3}{a_2^5} = \frac{3}{4} =$ =0,75	$B_2^3 = \left(A_2^{31} * A_2^{32} * 1 * A_2^{34} * A_2^{35}\right)^{1/5} =$ =1,15	$M_2^3 = B_2^3 / B_2$ = 1,15/5,75= = 0,20
Н ₄ відсутність відходів	$A_2^{41} = \frac{a_2^4}{a_2^1} = \frac{2}{5} =$ =0,40	$A_2^{42} = \frac{a_2^4}{a_2^2} = \frac{2}{1} =$ =2,00	$A_2^{43} = \frac{a_2^4}{a_2^3} = \frac{2}{3} =$ =0,67	1	$A_2^{45} = \frac{a_2^4}{a_2^5} = \frac{2}{4} =$ =0,50	$B_2^4 = \left(A_2^{41} * A_2^{42} * A_2^{43} * 1 * A_2^{45}\right)^{1/5} =$ =0,77	$M_2^4 = B_2^4 / B_2$ = 0,77/5,75= = 0,13
Н ₅ екологічна безпечність	$A_2^{51} = \frac{a_2^5}{a_2^1} = \frac{4}{5} =$ =0,80	$A_2^{52} = \frac{a_2^5}{a_2^2} = \frac{4}{1} =$ =4,00	$A_2^{53} = \frac{a_2^5}{a_2^3} = \frac{4}{3} =$ =1,33	$A_2^{54} = \frac{a_2^5}{a_2^4} = \frac{4}{2} =$ =2,00	1	$B_2^5 = \left(A_2^{51} * A_2^{52} * A_2^{53} * A_2^{54} * 1\right)^{1/5} =$ =1,53	$M_2^5 = B_2^5 / B_2$ = 1,53/5,75= = 0,27
Сума						$B_2 = B_2^1 + B_2^2 + B_2^3 + B_2^4 + B_2^5 =$ 5,75	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини магнітно-ультразвуковим, адсорбційним фільтруванням, таблиця 8.4, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій мінімальна енергоємність – H_1 , а найменшу вагу 0,38 має критерій висока продуктивність H_2 . На рисунку 8.3 представлені ступені важливості критеріїв при використанні біологічного способу очистки рідини.

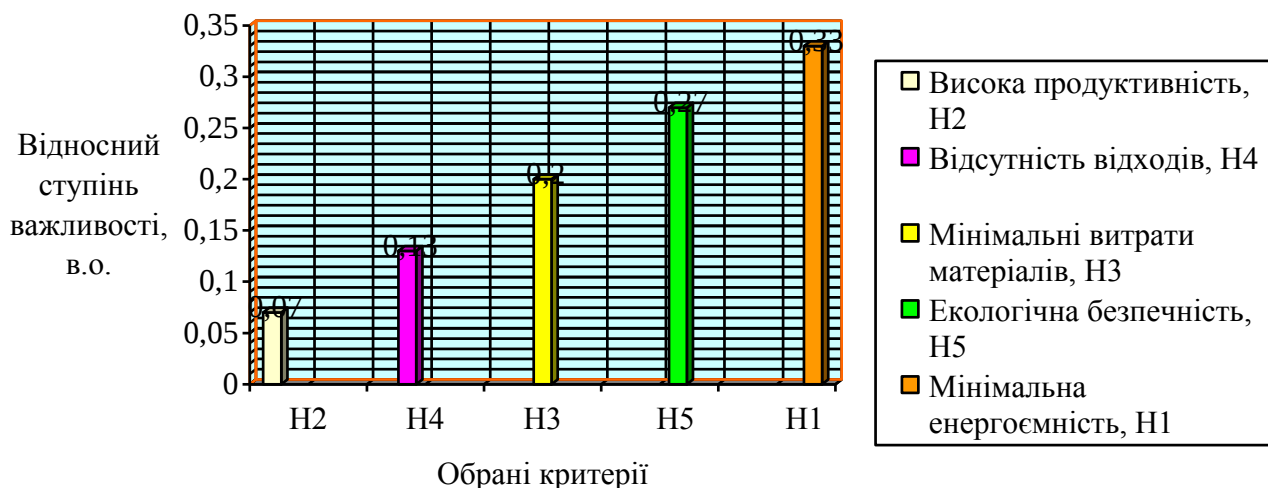


Рисунок 8.3 - Відносна важливість обраних критеріїв при використанні біологічного способу очистки рідини

Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має мінімальна енергоємність H_1 – 0,33. Далі йдуть наступні критерії відповідно: екологічна безпечність H_5 - 0,27; мінімальні витрати матеріалів H_3 – 0,20; відсутність відходів H_4 – 0,13; і найменше важливий критерій висока продуктивність H_2 – 0,07.

8.6. Ступінь важливості критеріїв порівняння хімічної фільтрації

На підставі даних таблиці 8.1 підраховується відносна ступінь важливості критеріїв способу очистки рідини хімічною фільтрацією та результати розрахунку заносять до таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Відносна степінь важливості критеріїв для способу очистки рідини хімічною фільтрацією

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємність	Н ₂ висока продуктивність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємність	1	$A_3^{12} = \frac{a_3^1}{a_3^2} = \frac{5}{4} = 1,25$	$A_3^{13} = \frac{a_3^1}{a_3^3} = \frac{5}{3} = 1,67$	$A_3^{14} = \frac{a_3^1}{a_3^4} = \frac{5}{2} = 2,50$	$A_3^{15} = \frac{a_3^1}{a_3^5} = \frac{5}{1} = 5,00$	$B_3^1 = \left(1 * A_3^{12} * A_3^{13} * A_3^{14} * A_3^{15}\right)^{1/5} = 1,92$	$M_3^1 = B_3^1 / B_3 = 1,92 / 5,18 = 0,37$
Н ₂ висока продуктивність	$A_3^{21} = \frac{a_3^2}{a_3^1} = \frac{4}{5} = 0,80$	1	$A_3^{23} = \frac{a_3^2}{a_3^3} = \frac{4}{3} = 1,33$	$A_3^{24} = \frac{a_3^2}{a_3^4} = \frac{4}{2} = 2,00$	$A_3^{25} = \frac{a_3^2}{a_3^5} = \frac{4}{1} = 4,00$	$B_3^2 = \left(A_3^{21} * 1 * A_3^{23} * A_3^{24} * A_3^{25}\right)^{1/5} = 1,53$	$M_3^2 = B_3^2 / B_3 = 1,53 / 5,18 = 0,30$
Н ₃ мінімальні витрати	$A_3^{31} = \frac{a_3^3}{a_3^1} = \frac{3}{5} = 0,60$	$A_3^{32} = \frac{a_3^3}{a_3^2} = \frac{3}{4} = 0,75$	1	$A_3^{34} = \frac{a_3^3}{a_3^4} = \frac{3}{2} = 1,50$	$A_3^{35} = \frac{a_3^3}{a_3^5} = \frac{3}{1} = 3,00$	$B_3^3 = \left(A_3^{31} * A_3^{32} * 1 * A_3^{34} * A_3^{35}\right)^{1/5} = 1,15$	$M_3^3 = B_3^3 / B_3 = 1,15 / 5,18 = 0,22$
Н ₄ відсутність відходів	$A_3^{41} = \frac{a_3^4}{a_3^1} = \frac{2}{5} = 0,40$	$A_3^{42} = \frac{a_3^4}{a_3^2} = \frac{2}{4} = 0,50$	$A_3^{43} = \frac{a_3^4}{a_3^3} = \frac{2}{3} = 0,67$	1	$A_3^{45} = \frac{a_3^4}{a_3^5} = \frac{2}{1} = 2,00$	$B_3^4 = \left(A_3^{41} * A_3^{42} * A_3^{43} * 1 * A_3^{45}\right)^{1/5} = 0,20$	$M_3^4 = B_3^4 / B_3 = 0,20 / 5,18 = 0,04$
Н ₅ екологічна безпечність	$A_3^{51} = \frac{a_3^5}{a_3^1} = \frac{1}{5} = 0,20$	$A_3^{52} = \frac{a_3^5}{a_3^2} = \frac{1}{4} = 0,25$	$A_3^{53} = \frac{a_3^5}{a_3^3} = \frac{1}{3} = 0,33$	$A_3^{54} = \frac{a_3^5}{a_3^4} = \frac{1}{2} = 0,50$	1	$B_3^5 = \left(A_3^{51} * A_3^{52} * A_3^{53} * A_3^{54} * 1\right)^{1/5} = 0,38$	$M_3^5 = B_3^5 / B_3 = 0,38 / 5,18 = 0,07$
Сума						$B_3 = B_3^1 + B_3^2 + B_3^3 + B_3^4 + B_3^5 = 5,75$	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини хімічним фільтруванням, таблиця 8.5, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій мінімальна енергоємність – Н₁, а найменшу вагу 0,20 – відсутність відходів Н₄. На рисунку 8.4 представлені ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини хімічним фільтрація.

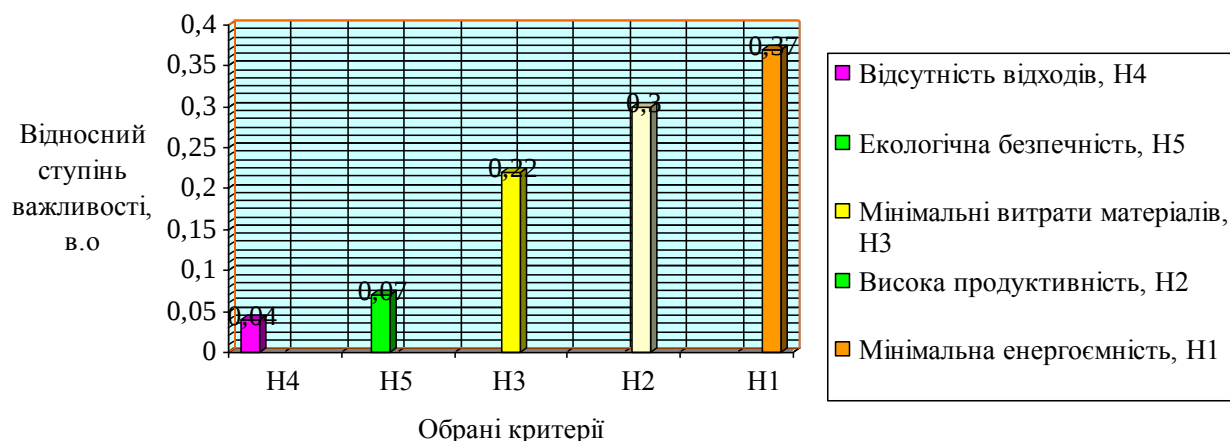


Рисунок 8.4.- Відносна важливість обраних критеріїв при використанні способу очистки рідини – хімічна фільтрація

Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має мінімальна енергоємність Н₁ – 0,37. Далі йдуть наступні критерії відповідно: висока продуктивність Н₂ – 0,30; мінімальні витрати матеріалів Н₃ – 0,22; екологічна безпечність Н₅- 0,07; і найменше важливий критерій відсутність відходів Н₄ – 0,04.

8.7 Розрахунок ступені важливості критеріїв порівняння для очистки осмосом

За таблицею 8.1 підраховується відносна ступінь важливості критеріїв способу очистки рідини осмосом та результати розрахунку заносять до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Відносна степінь важливості критеріїв для способу очистки рідини осмосом

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємні сть	Н ₂ висока продуктив ність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпе́чність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємні сть	1	$A_4^{12} = \frac{a_4^1}{a_4^2} = \frac{1}{3} =$ =0,33	$A_4^{13} = \frac{a_4^1}{a_4^3} = \frac{1}{2} =$ =0,50	$A_4^{14} = \frac{a_4^1}{a_4^4} = \frac{1}{4} =$ =0,25	$A_4^{15} = \frac{a_4^1}{a_4^5} = \frac{1}{5} =$ =0,20	$B_4^1 = \left(1 * A_4^{12} * A_4^{13} * A_4^{14} * A_4^{15}\right)^{1/5} =$ =0,38	$M^1 = B_3^1 / B_3$ = 0,38/5,75= =0,07
Н ₂ висока продуктивні сть	$A_4^{21} = \frac{a_4^2}{a_4^1} = \frac{3}{1} =$ =3,00	1	$A_4^{23} = \frac{a_4^2}{a_4^3} = \frac{3}{2} =$ =1,50	$A_4^{24} = \frac{a_4^2}{a_4^4} = \frac{3}{4} =$ =0,75	$A_4^{25} = \frac{a_4^2}{a_4^5} = \frac{3}{5} =$ =0,60	$B_4^2 = \left(A_4^{21} * 1 * A_4^{23} * A_4^{24} * A_4^{25}\right)^{1/5} =$ =1,15	$M_4^2 = B_4^2 / B_4$ = 1,15/5,75= = 0,20
Н ₃ мінімальні витрати	$A_4^{31} = \frac{a_4^3}{a_4^1} = \frac{2}{1} =$ =2,00	$A_4^{32} = \frac{a_4^3}{a_4^2} = \frac{2}{3} =$ =0,67	1	$A_4^{34} = \frac{a_4^3}{a_4^4} = \frac{2}{4} =$ =0,50	$A_4^{35} = \frac{a_4^3}{a_4^5} = \frac{2}{5} =$ =0,40	$B_4^3 = \left(A_4^{31} * A_4^{32} * 1 * A_4^{34} * A_4^{35}\right)^{1/5} =$ =0,77	$M_4^3 = B_4^3 / B_4$ = 0,77/5,75= = 0,13
Н ₄ відсутність відходів	$A_4^{41} = \frac{a_4^4}{a_4^1} = \frac{4}{1} =$ =4,00	$A_4^{42} = \frac{a_4^4}{a_4^2} = \frac{4}{3} =$ =1,33	$A_4^{43} = \frac{a_4^4}{a_4^3} = \frac{4}{2} =$ =2,00	1	$A_4^{45} = \frac{a_4^4}{a_4^5} = \frac{4}{5} =$ =0,80	$B_4^4 = \left(A_4^{41} * A_4^{42} * A_4^{43} * 1 * A_4^{45}\right)^{1/5} =$ =1,53	$M_4^4 = B_4^4 / B_4$ = 1,53/5,75= = 0,27
Н ₅ екологічна безпе́чність	$A_4^{51} = \frac{a_4^5}{a_4^1} = \frac{5}{1} =$ =5,00	$A_4^{52} = \frac{a_4^5}{a_4^2} = \frac{5}{3} =$ =1,67	$A_4^{53} = \frac{a_4^5}{a_4^3} = \frac{5}{2} =$ =2,50	$A_4^{54} = \frac{a_4^5}{a_4^4} = \frac{5}{4} =$ =1,25	1	$B_4^5 = \left(A_4^{51} * A_4^{52} * A_4^{53} * A_4^{54} * 1\right)^{1/5} =$ =1,92	$M_4^5 = B_4^5 / B_4$ = 1,92/5,75= = 0,33
Сума						$B_4 = B_4^1 + B_4^2 + B_4^3 + B_4^4 + B_4^5 = 5,75$	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини осмосом, таблиця 8.6, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій екологічна безпечність – Н₅, а найменшу вагу 0,38 має критерій мінімальна енергоємність Н₁. На рисунку 8.5 представлені ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини осмосом.

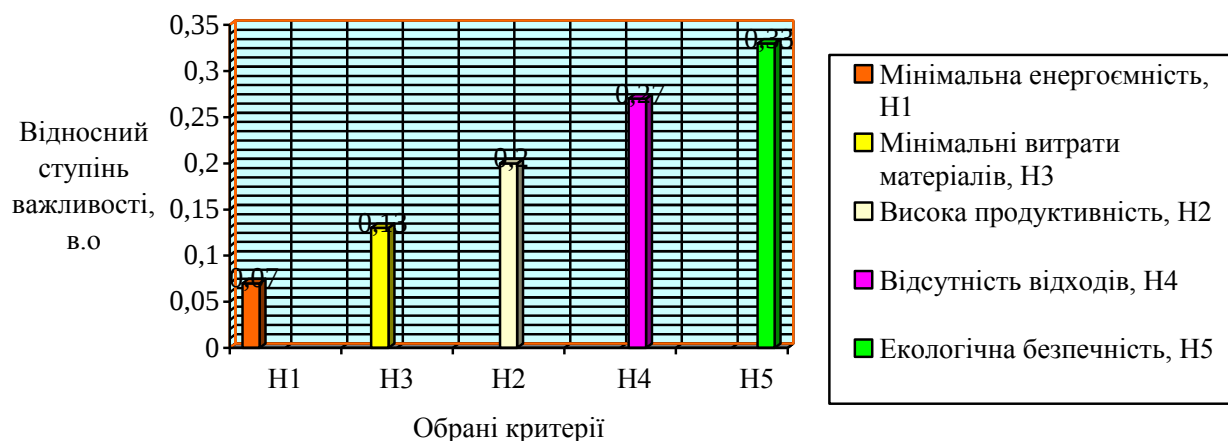


Рисунок 8.5.- Відносна важливість обраних критеріїв при використанні способу очистки рідини – осмос

Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має екологічна безпечність Н₅- 0,33; Далі йдуть наступні критерії відповідно: відсутність відходів Н₄ – 0,27; висока продуктивність Н₂ – 0,20; мінімальні витрати матеріалів Н₃ – 0,13 і найменше важливий критерій. мінімальна енергоємність Н₁ – 0,07.

8.8 Степінь важливості критеріїв порівняння очистки електролізом

За таблицею 8.1 підраховується відносна ступінь важливості критеріїв способу очистки рідини електролізом та результати розрахунку заносять до таблиці 8.7

Таблиця 8.7 – Відносна степінь важливості критеріїв для способу очистки рідини електролізом

Критерії	Н ₁ мінімальна енергоємні сть	Н ₂ висока продуктив ність	Н ₃ мінімальні витрати	Н ₄ відсутність відходів	Н ₅ екологічна безпечність	Середнє геометричне, (Вага)	Степінь важливості
Н ₁ мінімальна енергоємні сть	1	$A_5^{12} = \frac{a_5^1}{a_5^2} = \frac{1}{5} =$ =0,20	$A_5^{13} = \frac{a_5^1}{a_5^3} = \frac{1}{3} =$ =0,33	$A_5^{14} = \frac{a_5^1}{a_5^4} = \frac{1}{4} =$ =0,25	$A_5^{15} = \frac{a_5^1}{a_5^5} = \frac{1}{2} =$ =0,50	$B_5^1 = \left(1 * A_5^{12} * A_5^{13} * A_5^{14} * A_5^{15}\right)^{1/5} =$ =0,38	$M_5^1 = B_5^1 / B_5$ = 0,38/5,75= =0,07
Н ₂ висока продуктивні сть	$A_5^{21} = \frac{a_5^2}{a_5^1} = \frac{5}{1} =$ =5,00	1	$A_5^{23} = \frac{a_5^2}{a_5^3} = \frac{5}{3} =$ =1,67	$A_5^{24} = \frac{a_5^2}{a_5^4} = \frac{5}{4} =$ =1,25	$A_5^{25} = \frac{a_5^2}{a_5^5} = \frac{5}{2} =$ =2,50	$B_5^2 = \left(A_5^{21} * 1 * A_5^{23} * A_5^{24} * A_5^{25}\right)^{1/5} =$ =1,92	$M_5^2 = B_5^2 / B_5$ = 1,92/5,75= = 0,33
Н ₃ мінімальні витрати	$A_5^{31} = \frac{a_5^3}{a_5^1} = \frac{3}{1} =$ =3,00	$A_5^{32} = \frac{a_5^3}{a_5^2} = \frac{3}{5} =$ =0,60	1	$A_5^{34} = \frac{a_5^3}{a_5^4} = \frac{3}{4} =$ =0,75	$A_5^{35} = \frac{a_5^3}{a_5^5} = \frac{3}{2} =$ =1,50	$B_5^3 = \left(A_5^{31} * A_5^{32} * 1 * A_5^{34} * A_5^{35}\right)^{1/5} =$ =1,15	$M_5^3 = B_5^3 / B_5$ = 1,15/5,75= = 0,20
Н ₄ відсутність відходів	$A_5^{41} = \frac{a_5^4}{a_5^1} = \frac{4}{1} =$ =4,00	$A_5^{42} = \frac{a_5^4}{a_5^2} = \frac{4}{5} =$ =0,80	$A_5^{43} = \frac{a_5^4}{a_5^3} = \frac{4}{3} =$ =1,33	1	$A_5^{45} = \frac{a_5^4}{a_5^5} = \frac{4}{2} =$ =2,00	$B_5^4 = \left(A_5^{41} * A_5^{42} * A_5^{43} * 1 * A_5^{45}\right)^{1/5} =$ =1,53	$M_5^4 = B_5^4 / B_5$ = 1,53/5,75= = 0,27
Н ₅ екологічна безпечність	$A_5^{51} = \frac{a_5^5}{a_5^1} = \frac{2}{1} =$ =2,00	$A_5^{52} = \frac{a_5^5}{a_5^2} = \frac{2}{5} =$ =0,40	$A_5^{53} = \frac{a_5^5}{a_5^3} = \frac{2}{3} =$ =0,67	$A_5^{54} = \frac{a_5^5}{a_5^4} = \frac{2}{4} =$ =0,50	1	$B_5^5 = \left(A_5^{51} * A_5^{52} * A_5^{53} * A_5^{54} * 1\right)^{1/5} =$ =0,77	$M_5^5 = B_5^5 / B_5$ = 0,77/5,75= = 0,13
Сума						$B_5 = B_5^1 + B_5^2 + B_5^3 + B_5^4 + B_5^5 =$ 5,75	1,00

Аналіз розрахунків відносної ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини електролізом, таблиця 8.7, показав, що найбільшу вагу 1,92 має критерій висока продуктивність процесу – Н₂, а найменшу вагу 0,38– мінімальна енергоємність Н₁. На рисунку 8.6 представлені ступені важливості критеріїв при використанні способу очистки рідини електролізом.

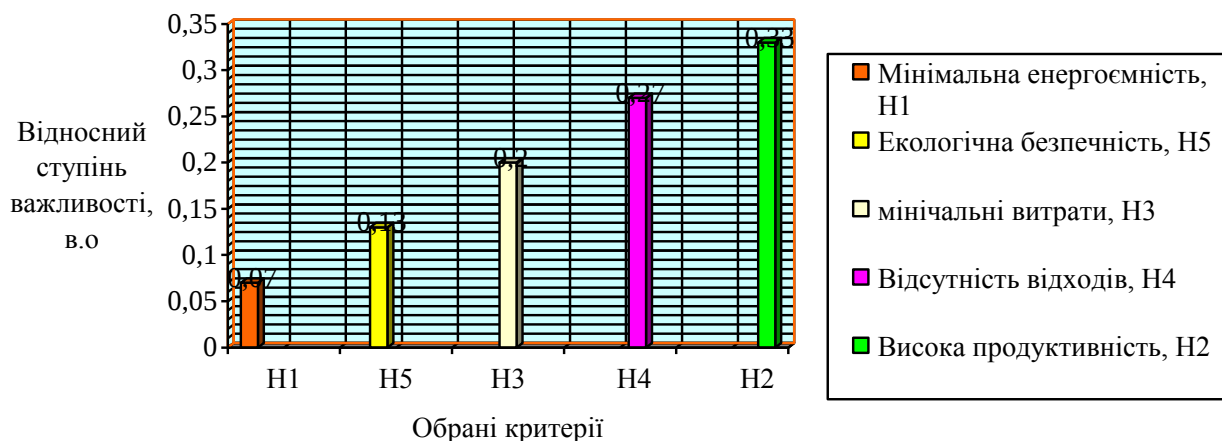


Рисунок 8.6.- Відносна важливість обраних критеріїв при використанні способу очистки рідини електролізом

Висновок. Аналіз показує, що найбільшу ступінь важливості обраних критеріїв для цього способу очистки рідини має висока продуктивність Н₂ – 0,33. Далі йдуть наступні критерії відповідно: відсутність відходів Н₄ – 0,27; мінімальні витрати матеріалів Н₃ – 0,20; екологічна безпечність Н₅- 0,13; і найменше важливий критерій мінімальна енергоємність Н₁ – 0,07.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. [Текст]/Т. Саати М.: Радио и связь, 1993 – 332 с.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных странах [Текст]/ О.И. Ларичев Учебник. Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Логос, 2003. – 245 с.
3. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. [Текст]/ В.Д. Ногин 2-е изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2004. – 129 с.

Додаток А. Пояснения до коду УДК

(готується самостійно)

Додаток Б. Пояснения до коду продукту ДКПП 016-97

(готується самостійно)

УДК _____

КП _____

№ державної реєстрації _____

Інв. № _____

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”
Інститут енергозбереження і енергоменеджменту
03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115

„Затверджую
Зав. кафедрою Електромеханічного
Обладнання енергоємних виробництв
_____ Шевчук С.П.

„_____” _____ 2016 р

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

З дисципліни « Віртуальні прилади інженерних досліджень»

**Тема: АНАЛІЗ РИЗИКІВ ОСВОЄННЯ ВИРОБНИЦТВОМ
ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИСТКИ ВОДИ**

Керівник

д.т.н., проф. Терентьєв О.М.

Виконав:

Студент групи _____
№

_____ П.І.Б.

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕННЯ І ТЕРМІНИ

Дюрація - це середньозважена тривалість повернення коштів, одержувані з обліком вартості платежів, дисконтованих на поточний момент [14].

Левередж (операційний) - показник того, яку питому вагу мають постійні видатки (витрати) у операційному циклі виробничого процесу [14].

CAPM (capital asset pricing model) – оцінка прибутковості активів.

Debt free cash flow – поточна вартість без боргового потоку.

NPV (Net present value) - Чиста поточна вартість

FV (Future value) – майбутня вартість.

PV (Present value) – справжня вартість.

R (Rent) - ставка відсотка.

WACC (Weighted average cost of capital) – середньозважена вартість капіталу.

Мета: Аналіз ризиків освоєння виробництвом фізичних методів очистки води

9.1. Опис інноваційної технології очистки водних середовищ

Відповідно до: Закону України про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006-2020 роки» від 3 березня 2005 року № 2455-IV. Закону України про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукомістких технологій на 2005-2013 роки від 9 квітня 2004 року № 1676-IV. Закону України про Пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки від 16 січня 2003 року № 433-IV. Постанови Верховної Ради України про Національну програму екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води на 1997-2010 роки від 27 лютого 1997 року № 123/97-ВР. Директиви Європейського Співтовариства (European Community, EC), яка торкається «Якості води, призначеної для використання населенням».

Метою інноваційної роботи на вітчизняних підприємствах є відбір і впровадження нових високо технологічних систем очищення промислових та стічних рідинних середовищ. Такі технології відрізняються від традиційних технологій очищення рідини використанням фізичних способів впливу на рідинне середовище. Вплив зовнішніх фізичних потоків: резонансного (стійка кавітація потоку) ультразвукового (поляризаційне фільтрування) електромагнітного (магнітне циклонування) гравітаційного (керування вектором магнітних моментів іонів домішок) забезпечує:

- зниження енергетичних витрат при резонансному руйнуванні молекулярних зв'язків середовища за рахунок трансформації частот коливань зовнішніх джерел до субрезонансної взаємодії з коливаннями внутрішніх джерел енергії при очищенні;
- ларморову прецесію домішок для магнітного їх циклонування і видалення зі середовища;

- поляризаційне фільтрування іонів домішок у залежності від осі поляризації потоку рідини;
- керування напрямком і щільністю кутових моментів обертання іонів домішок для їх видалення з потоку.

Фахівцями кафедри Електромеханічного обладнання енергоємних виробництв ІЕЕ та Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки ММІ НТТУ"КПІ" разом з ТОВ "Центр науково технічних інновацій Української нафтогазової академії" м. Київ розроблено та впроваджено спосіб та магнітно - ультразвукову систему (МУС) підготовки та очистки рідини (Патент 48863A UA C02F 1/36 Спосіб підготовки та очистки рідини. 15.08.2002, Бюл. № 8, Патент 60971A UA C02F 1/36 Спосіб реструктуризації та очистки рідини. 15.10.2003, Бюл. № 10). В системі використано внутрішню енергію середовища.

З I кварталу 2001 року по IV квартал 2004 року МУС, продуктивністю 1000 м³/добу, Рисунок 9.1, пройшла промислове випробування та успішно експлуатується на третьому нафтодобувному промислі НГВУ "Чернігівнафтогаз".

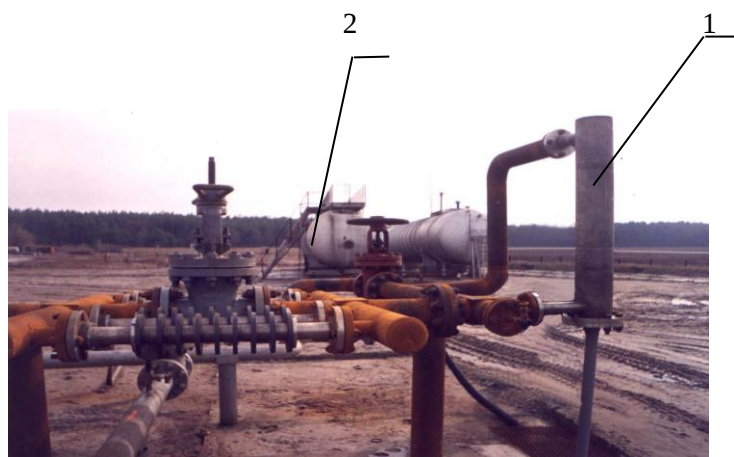


Рисунок 9.1 - Магнітно – ультразвукова система підготовки та очистки води Прилуцького родовища Чернігівського нафто-газовидобувного управління:

1 – генератор акустичних коливань (ГАК); 2- Блок знакозмінного магнітного поля (БЗМ)

Після введення в експлуатацію МУС шар забруднень на внутрішніх поверхнях трубопроводів зменшено з 4 см до 1,5 мм., це підтверджує, що система здатна повністю очищувати та запобігати появі відкладень на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Крім того, запобігалася корозія трубопроводів, так як зменшено кількість осередків кристалоутворення. Склад домішок до і після очистки наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1.- Склад домішок до і після очистки

Вміст іонів, мг/л	Хлор, мг/л	Кальцій, мг/л	Fe^{+2}/Fe^{+3} мг/л	Вільний CO_2 , мг/л	Нафто продукти, мг/л	Мех.до мішки, мг/л	Завислі домішки, мг/л
До МУС	251075	21534	97,7	431,2	4	66	156
Після МУС	138294	11523	94,4	202,4	3	47	148

Аналіз результатів промислової експлуатації вказав на необхідність удосконалення системи очистки від іонів заліза. Для цього пропонується використання додаткового блоку адсорбції. У якості адсорбера іонів заліза можуть бути використані алюмосилікати (наприклад цеоліт, кізельгур тощо). На рисунку 2.2. наведено дослідний зразок системи очистки, яку встановлено на Південно-західній котельні міста Кіровоград.



БУ ФАО – блок управління фільтром адсорбційної очистки; ФАО – фільтр адсорбційної очистки; ГАК – генератор акустических коливань; МАКСИ – Магнітна аксиально-симметрична система.

Рисунок 9.2. - Дослідний зразок системи очистки, яку встановлено на Південно-західній котельні міста Кіровоград

9.2. Аналіз ризику впровадження інноваційної технології

Для подальшого впровадження вказаного вище методу очистки промислових і стічних вод для їх багаторазового використання необхідно урахувати виробничі ризики від освоєння цих методів у різних галузях народного господарства.

Ризик як історична категорія виник на нижчому щаблі цивілізації з появою в людини почуття страху перед смертю [2]. У міру розвитку цивілізації з'являються товарно-грошові відносини, і ризик стає економічною категорією. Як економічна категорія ризик являє собою подію, що може відбутися або не відбутися. У випадку здійснення такої події можливі три економічних результати:

- негативний (програш, збиток, збиток);

- нульовий;
- позитивний (виграш, вигода, прибуток).

Оцінка ризиків вимагає передбачення виникнення небезпечних подій при реалізації інноваційних технологій. Завжди небажані три речі:

- незаплановане зниження випуску якісної продукції;
- зменшення чистого прибутку;
- зниження ринкової вартості продукції.

Звичайно конкретний ризик вимірюють двома основними способами:

- визначають ймовірність виникнення причинної події, точніше, ймовірнісний розподіл його величини або, принаймні, кількісні показники цього розподілу.

В залежності від причин негативного впливу на навколишнє природне середовище джерела, які можуть скласти потенційну загрозу умовно поділяють на чотири групи [4]:

- до першої групи відносять природні джерела, які обумовлені потенційною можливістю впливати фауну і флору;
- до другої групи – техногенні джерела, які пов'язані з накопиченням енергії і шкідливих речовин у технічних системах, які потенційно спроможні негативно впливати на навколишнє природне середовище;
- до третьої групи – соціально політичні, які обумовлені конфліктами між різними групами і соціальними прошарками населення;
- до четвертої групи – джерела військового характеру, які негативно впливають на життєвий простір при військових конфліктах, але й негативний вплив власне військового комплексу.

Теорія ризиків базується на розгляданні і вивченні сукупності дій, станів і процесів, які впливають на джерела взаємодії, які прямо або не прямо можуть привести до життєво важливих загроз щодо життєдіяльності людини, тварин і навколишнього природного середовища [5].

Кількісною мірою безпеки є векторна величина – **ризик**.

У літературі наводять два поняття [6-10]

- **абстрактний ризик** – ризик, який вимірюється ймовірністю настання несприятливої події;
- **узагальнений ризик** – ризик, який вимірюється у ймовірних матеріальних втратах, які утворилися після настання несприятливої події.

Приклад: Можливого ймовірнісного розподілу цінового ризику щодо собівартості виробу, таблиця 9.2., наведений нижче. [5]

Таблиця 9.2 - Зміна ціни виробу щодо собівартості протягом місяця

Діапазон росту ціни виробу щодо собівартості, грн.	0-20	20-40	40-60	60-80	Більше 80
Ймовірність росту	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1

Найбільше часто використовуваним показником ймовірнісного розподілу є середнє значення (математичне сподівання $M(x)$). У розглянутому прикладі очікуване середнє збільшення ціни виробу складе приблизно 44 грн., тобто

$$M(x) = \sum x_i \cdot P_i = 0,1 \cdot 10 + 0,4 \cdot 30 + 0,3 \cdot 50 + 0,1 \cdot 70 + 0,1 \cdot 90 = 44$$

- другий спосіб, оцінки ризику полягає в тому, щоб виявити залежність величини поганої події від величини причинної події або визначити показники цієї залежності.

Наприклад, якщо припустити лінійну залежність (у більшості випадків цього досить)

$$Пг = k \cdot Пр,$$

де $Пг$ і $Пр$ - величини відповідно поганої й причинної подій, тоді для оцінки ризику досить оцінити значення коефіцієнт впливу k .

Наприклад, у випадку процентного ризику коефіцієнт впливу на погану подію (зниження прибутку) є не що інше, як різниця сум чутливих до процентної ставки активів і суми чутливих до процентної ставки пасивів.

Якщо розглянути погану подію (зниження попиту на продукт), то в першому наближенні коефіцієнт впливу досить просто обчислюється на основі дюрації активів і пасивів.

Нагадаємо, що **дюрація** - це середньозважена тривалість повернення коштів, одержувані з обліком вартості платежів, дисконтованих на поточний момент [14].

Показники (оцінки) ризику, обчислені першим способом називають ймовірнісними, а другим - масштабними. Зазначені два способи - не різні, а взаємно доповнюють один одного підходи до оцінки ризику.

Таким чином, теоретично бажано мати для кожної причинної події відразу дві оцінки - ймовірнісну й масштабну. На практиці, однак, це не завжди потрібно, та не завжди можливо. По-перше, ймовірнісна оцінка вимагає прогнозу, а він, як відомо, справа важка й навіть небезпечна. Можна, звичайно, використовувати статистику за минулий період, але в більшості випадків вона марна. Виключення, мабуть, становить технологічний ризик, для виміру якого статистика цілком підходить. По-друге, вимірювати ризик бажано насамперед для того, щоб їм керувати, а для керування нерідко буває досить оцінки одного типу (як правило, масштабної). Крім того, для багатьох видів ризику ймовірнісний показник залежить від стану ринку в цілому, і для його визначення недостатньо бази даних, їм не можна управляти (точніше, не можна впливати на його значення).

9.3 Керування ризиками проекту - Project Risk Management

Керування ризиками проекту (Project Risk Management) містить у собі процеси, що забезпечують планування можливості ризиків, їхню ідентифікацію, аналіз, розробку відгуків і контроль протягом життєвого

циклу проекту. Для позитивних ризиків підготовленість означає раціональне використання резерву, що з'являється (часу або ресурсів). Непідготовленість до негативних і нейтральних ризиків - це завжди втрата можливостей.

Керувати ризиком - означає уживати дії, які спрямовані на підтримку такого його рівня, який відповідає меті, що поставлена на даний момент керування.

Формально можна виділити дві основних мети керування ризиком:

- підтримка ризику на рівні не вище заданого. Згодом можливо послабити вимоги до ризику (наприклад, якщо не вдається діставати достатній прибуток) або, навпаки, підвищити їх;
- мінімізація ризику при деяких заданих умовах (наприклад, при заданому рівні прибутку).

При розробці плану керування ризиками необхідно врахувати наступні міркування:

- ефективно управляти можна тільки тим, що можна виміряти. Іншими словами, ми можемо управляти не ризиком, а значеннями його показників і не більше того;
- методи виміру ризиків визначають методи керування ними. Отже, для якісного керування ризиком необхідно адекватно його вимірювати - як вимірюємо, так і будемо керувати. Таким чином, вимір ризику є первинним стосовно керування.

Крім керування окремими ризиками, існують способи керування цілими групами ризиків і навіть сукупним ризиком. Прикладом керування сукупним ризиком є керування величиною власного капіталу. Для ефективності керування сукупним ризиком потрібно навчитися його вимірювати.

9.4. Математичний апарат кількісного підходу до оцінки ризику

Законом розподілу випадкової величини називається закон відповідності між можливими значеннями випадкових величин та їх ймовірностями.

Наприклад, доходність певного інвестиційного проекту може характеризуватися наведеним нижче законом розподілу, таблиця 9.3:

Таблиця 9.3 - Розподіл доходу проекту за ймовірністю одержання

Ймовірність одержання доходу (P)	Рівень очікуваного доходу (X), грн.
0,2	200
0,5	800
0,3	1000

Випадкова величина, яка набуває певних окремих значень, називається дискретною. Таблиця є прикладом закону розподілу дискретної випадкової величини.

Закон розподілу характеризується кількома показниками, зокрема математичним сподіванням, дисперсією, середньоквадратичним відхиленням, коефіцієнтом варіації.

Математичним сподіванням, або середнім очікуваним значенням випадкової величини X , називається число, яке дорівнює сумі добутків значень величини (x) на відповідні ймовірності (P_i):

$$M(x) = \sum_{i=1}^n x_i P_i = (200 \cdot 0,2) + (800 \cdot 0,5) + (1000 \cdot 0,3) = 740. \quad (9.1)$$

Невизначеність характеризується розсіянням можливих значень випадкової величини довкола її очікуваного значення.

Для характеристик ризику як міри невизначеності використовуються такі показники:

- дисперсія

$$D(x) = \sum_{i=1}^k [\tilde{O}_i - M(x)]^2 \cdot P = (200-740)^2 \cdot 0,2 + (800-740)^2 \cdot 0,5 + (1000-740)^2 \cdot 0,3 = 80400 \quad (9.2)$$

– середньоквадратичне відхилення: $\sigma(x) = \sqrt{D(x)} = \sqrt{80400} = 283,55$. (9.3)

– коефіцієнт варіації $\text{var}(x) = \sigma(x)/M(x) = 740/283,55 = 261$. (9.4)

Найчастіше як міру ризику використовують середньоквадратичне відхилення. Чим більше його значення, тим більший ризик. Розглянемо інвестиційні проекти А і В, закони розподілу чистої поточної вартості – net present value (NPV) яких задано в таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 – Розрахунок середнього очікуваного значення NPV для двох проектів

Проект А		Проект В	
Можливі значення NPV (X _A)	Відповідні ймовірності (P _A)	Можливі значення NPV (X _B)	Відповідні ймовірності (P _B)
1	2	3	4
100	0.2	-7200	0.2
500	0.4	1000	0.3
700	0.3	3000	0.3
1500	0.1	5000	0.2
	760		760

$$M(X_A) = 100 \cdot 0,2 + 500 \cdot 0,4 + 700 \cdot 0,3 + 1500 \cdot 0,1 = 760$$

$$M(X_B) = -7200 \cdot 0,2 + 1000 \cdot 0,3 + 3000 \cdot 0,3 + 5000 \cdot 0,2 = 760$$

Тобто, очікуване значення NPV (Net present value) - Чиста поточна вартість для обох проектів однакове. Втім, величини їх середньоквадратичного відхилення істотно різняться:

$$D(X_A) = (100-760)^2 \cdot 0,2 + (500-760)^2 \cdot 0,4 + (700-760)^2 \cdot 0,3 + (1500-760)^2 \cdot 0,1 = 170000.$$

Серед середньоквадратичне відхилення: $\sigma(x_A) = \sqrt{D(x_A)} = \sqrt{17000} \approx 412.31$

$$D(X_B) = (-7200 - 760)^2 \cdot 0,2 + (1000 - 760)^2 \cdot 0,3 + (3000 - 760)^2 \cdot 0,3 + (5000 - 760)^2 \cdot 0,2 = 17790400.$$

Середньоквадратичне відхилення: $\sigma(x_B) = \sqrt{D(x_B)} = \sqrt{17790400} \approx 4217.87$

Прогнозний розрахунок показує, що $\sigma(x_B)$ більше ніж у 10 разів перевищує $\sigma(x_A)$, а отже, ризик проекту В вищий від ризику проекту А.

Якщо порівнюються два проекти з різними очікуваними значеннями NPV, то використовується коефіцієнт варіації, який показує частку ризику на одиницю очікуваного значення NPV.

Висновки

(готуються самостійно)

Практичні рекомендації

(готуються самостійно)

Варіанти для самоперевірки та контрольні завдання

Варіанти для самоперевірки – це збільшення на 100 другого стовпчика таблиці 9.3.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Балабанов И.Т. Ризик – Менеджмент. [Текст]. / И.Т. Балабанов - М., УпрИнвест, 1996. – 462 с.
- 2 PMI Standards Committee, William R. Duncan, Director of Standards. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newton Square, PA: Project Management Institute, 1996
- 3 PMI's A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK.
- 4 Copyright © МУФ & МНУЦ 2000. Webmaster_valya@tel.dlab.kiev.ua
- 5 Екушов А. И. Количественная оценка рисков. [Текст]./А.И. Екушов //"[Банковские Технологии](#)", 1999, № 1 – с. 13-21 с.
- 6 Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві: Монографія. [Текст]/В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко - К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.
- 7 Івченко І.Ю. Економічні ризики: Навчальний посібник. [Текст]/І.Ю. Івченко.- Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. - 304с.
- 8 Гуковская А.А. Проблемы использования методологии VaR для оценки рыночных рисков на российском рынке./А.А. Гуковская - www.risk-mamagement.ru/
- 10 VaR индивидуальных стратегий. – www.riskinfo.ru.
- 11 VaR - техническая схема расчета. – www.riskinfo.ru.
- 12 Evaluation of Value at Risk-Models // Guidelines on market Risk. Volume Oesterreichische Nationalbank. – www.oenb.at.
- 13 www.finrisk.ru. www.riskland.ru. www.bankclub.ru
- 14 Petrucello R.M. Investor Can Increase Leverage by Knowing How Lenders Think. [Text] / R.M Petrucello // Real Estate Review. Spring. 1988. – 356 p

ДОДАТОК А. Пояснення до коду УДК

(готується самостійно)

ДОДАТОК Б. Пояснення до коду продукту за ДКПІ 016-96

(готується самостійно)

УДК 519.242

КП _____
№ державної реєстрації _____
Інв. № _____

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”
Інститут енергозбереження і енергоменеджменту
03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115

„Затверджую”
Зав. кафедрою Електромеханічного
Обладнання енергоємних виробництв
_____ Шевчук С.П.
„_____” _____ 2016 р

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

З дисципліни «Основи теорії експлуатаційних ризиків»

Тема:

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ТОВЩИНИ СТІНКИ ЄМНОСТІ ДЛЯ
УБЕЗПЕЧЕННЯ ЇЇ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ПРИ ЗБЕРІГАННІ
АГРЕСИВНИХ РЕЧОВИН**

Керівник

д.т.н., проф. Терентьев О.М.

Виконав:

Студент групи _____
№

_____ П.І.Б.

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Мета: Розрахунок необхідної і достатньої кількості вимірювань параметрів при проведенні експериментальних досліджень

10.1. Методика визначення необхідного числа експериментів

Вимірювання будь-якого об'єкту (лінії, кута, маси, площі тощо), будь – якої ознаки не може бути виконано абсолютно точно. Результати багаторазових вимірювань одного і того ж об'єкту відрізняються між собою на деякі, хоча й не великі за абсолютним значенням величини, які мають назву помилок або похибок вимірювання. До причин виникнення помилок відносять:

- недосконалість вимірювальної апаратури;
- зміна умов вимірювань;
- не повне урахування чинників, які супроводжують вимірювання;
- особливості виконання досліджень тощо.

У теорії та практиці вимірювань розрізняють похибки (помилки) грубі, систематичні і випадкові [1].

Грубі помилки – помилки, розміри яких за абсолютними величинами значно відрізняються від всього ряду помилок. До них відносять *промахи, прорахунки, описки*. Відслідковують грубі помилки шляхом контрольних вимірювань. При обробці результатів вимірювань вони виключаються зі ряду спостережень.

Систематичні помилки – помилки, які виникають зі видимою закономірністю: чергування знаків помилок, послідовне розміщення їх абсолютних значень, те або інше сполучення цих значень і знаків. У таких рядах мають перевагу чинники, які систематично спотворюють результати вимірювань за певним законом та у визначеному напрямку, які мають функціональний характер, якій визначається певним рівнянням. Їх виявляють у процесі вимірювання і видаляють з результатів вимірювань.

Випадкові помилки – помилки, вимірювання, у яких не має видимої закономірності. Випадковими такі помилки є тому, що кожна наступна

помилка за абсолютним значенням може бути більшою або меншою попередньої. Вона може мати знак плюс або мінус і за попередніми членами такого ряду неможна встановити, яким саме буде наступний за ним член ряду. Множина випадкових помилок складає статистичну сукупність, яка дозволяє визначити характерну картину випадкового розсіювання.

10.1.1. Рішення прямої задачі

10.1.1.1. Проведено 10 вимірювань товщини стінки ємності для зберігання отруйних речовин s_i , результати наведено у таблиці 10.1

Таблиця 10.1 - Результати вимірювання товщини стінки S_i , мм

Номер вимірювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s_i , мм	10,1	10,2	9,8	9,9	9,7	9,9	10,1	10,4	10,5	10,1

10.1.1.2. Середнє арифметичне S_{cp} вимірювань товщини стінки, мм:

$$S_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{10} s_i}{n} = \frac{10.1+10.2+9.8+9.9+9.7+9.9+10.1+10.4+10.5+10.1}{10} = \frac{100,7}{10} = 10.07, \text{ мм (10.1)}$$

де $n=10$ – число вимірювань товщини стінки ємності (експериментів).

10.1.1.3. Середнє арифметичне значень відхилення варіантів від середнього значення ΔS :

$$\Delta S = \frac{\sum_{i=1}^n |s_i - S_{cp}|}{n} = \frac{|10.1-10.07|+|10.2-10.07|+|9.8-10.07|+|9.9-10.07|+|9.7-10.07|+|9.9-10.07|+|10.1-10.07|+|10.4-10.07|+|10.5-10.07|+|10.1-10.07|}{10}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{+|9.9-10.07|+|10.1-10.07|+|10.4-10.07|+|0.5-10.07|+|10.1-10.07|}{10} = \\
& \qquad \qquad \qquad (10.2) \\
& = \frac{0.03+0.13+0.27+0.17+0.37+0.17+0.03+0.33+0.43+0.03}{10} = \frac{1.96}{10} = 0.196
\end{aligned}$$

10.1.1.4. Дисперсія D^2 (середній квадрат відхилення) – характеристика степені коливання признаку

$$D^2 =$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S_{cp})^2}{(n-1)} = \frac{(10.1-10.07)^2 + (10.2-10.07)^2 + (9.8-10.07)^2 + (9.9-10.07)^2 + (9.7-10.07)^2 +}{(n-1)} \\
& \frac{+(9.9-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2 + (10.4-10.07)^2 + (10.5-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2}{10-1} = \\
& \frac{(0.03)^2 + (0.13)^2 + (-0.27)^2 + (-0.17)^2 + (-0.37)^2 + (-0.17)^2 + (0.03)^2 + (0.33)^2 + (0.43)^2 + (0.03)^2}{9} = \\
& = \frac{0.0009 + 0.0169 + 0.0729 + 0.0289 + 0.1369 + 0.0289 + 0.0009 + 0.1089 + 0.1849 + 0.0009}{9} =
\end{aligned}$$

$$\frac{0.581}{9} = 0.0646 \qquad (10.3)$$

10.1.1.5. Похибка одного вимірювання D (вибірковий стандарт), мм [2]:

$$\begin{aligned}
D &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S_{cp})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{(10.1-10.07)^2 + (10.2-10.07)^2 + (9.8-10.07)^2 + (9.9-10.07)^2 + (9.7-10.07)^2 +}{(n-1)}} \\
& \sqrt{\frac{+(9.9-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2 + (10.4-10.07)^2 + (10.5-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2}{10-1}} =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{(0.03)^2 + (0.13)^2 + (-0.27)^2 + (-0.17)^2 + (-0.37)^2 + (-0.17)^2 + (0.03)^2 + (0.33)^2 + (0.43)^2 + (0.03)^2}{9}} = \\
&= \sqrt{\frac{0.0009 + 0.0169 + 0.0729 + 0.0289 + 0.1369 + 0.0289 + 0.0009 + 0.1089 + 0.1849 + 0.0009}{9}} =, \\
&= \sqrt{\frac{0.581}{9}} = \sqrt{0.065} = 0,254, \tag{10.4}
\end{aligned}$$

10.1.1.6. Середньоквадратичне відхилення D_{cp} , від середнього вимірювання товщини стінки, мм:

$$\begin{aligned}
D_{cp} &= \frac{D}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S_{cp})^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{(10.1-10.07)^2 + (10.2-10.07)^2 + (9.8-10.07)^2 + (9.9-10.07)^2 +}{10(10-1)}} = \\
&= \sqrt{\frac{(9.7-10.07)^2 + (9.9-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2 + (10.4-10.07)^2 + (10.5-10.07)^2 + (10.1-10.07)^2}{10(10-1)}} = \\
&= \sqrt{\frac{0.581}{90}} = \sqrt{0.0065} = 0,08, \text{ мм} \tag{10.5}
\end{aligned}$$

Значення ΔS - середнього арифметичне значень відхилення варіантів від середнього і середньоквадратичне відхилення D_{cp} , від середнього вимірювання товщини стінки розмірності величин, які вимірюють. При достатньо великому обсязі сукупності у варіаційному ряді, близькому до нормального, між ΔS і D_{cp} має місце наступний взаємозв'язок:

$$D_{cp} = 1.12 \cdot \Delta S \quad (10.6)$$

10.1.1.7. Ймовірне мінімальне середнє значення виміряної товщини стінки S_0 , мм:

$$S_0 = S_{cp} - \Delta = S_{cp} - K_C(n, W) \cdot D_{cp} = 10.07 - 1.875 \cdot 0.08 = 9.92, \text{ мм} \quad (10.7)$$

де $\Delta = K_C(n, W) \cdot D_{cp}$ - повна похибка виміру, що залежить від точності, яка визначається при постановці задачі;

$K_C(n, W)$ - коефіцієнт довірчої ймовірності Стюдента, що визначається за допомогою розподілу Стюдента (Додаток А [2]) залежно від числа вимірювань та заданої довірчої ймовірності;

W - довірна ймовірність, яку визначають за таблицею (Додаток А [2]), або за формулою (Додаток А [2])

$$W = \int_{-K_C}^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{n-1} \cdot \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{K^2}{n-1}\right)^{\frac{n}{2}}} dK, \quad (10.8)$$

де $\Gamma(n/2)$ $\Gamma((n-1)/2)$ – гама функції;

W – довірна ймовірність.

10.1.1.8. Для розрахунку коефіцієнта Стюдента задається максимально припустима повна похибка виміру $\Delta = 0,15$ мм (точність експерименту).

10.1.1.9. Розраховується коефіцієнт довірчої ймовірності Стюдента:

$$K_C(n, W) = \Delta / D_{cp} = 0,15 / 0,08 = 1.875 \quad (10.9)$$

10.1.1.10. По розрахованому коефіцієнту довірчої ймовірності Стюдента $K_C(n, W)$ за таблицею А.1 в Додатку А [2] знаходимо необхідне число вимірів n , що задовольняють бажане значення довірчої ймовірності.

10.1.1.11. Для даного прикладу при коефіцієнті довірчої ймовірності $K_C(n, W) = 1.875$ для визначення результату з довірчою ймовірністю:

- 90 % треба виконати 4 вимірювання;
- 95 % треба виконати 9 вимірювань;
- 97 % треба зробити більше 500 вимірювань.

10.1.1.12. Імовірне мінімальне значення виміряної товщини стінки S_M , мм:

$$S_M = S_{cp} - K_C(n, W) \cdot D = 10.07 - 1.875 \cdot 0.254 = 9.594 \text{ мм}, \quad (10.10)$$

10.1.1.13. Швидкість корозії V_K за рік, мм:

$$V_K = \frac{S_n + \delta - S_M}{\tau_0} = \frac{4.0 + 0.5 - 9.594}{25} = -0.204 \text{ мм}, \quad (10.11)$$

де $S_{\Pi} = 4$ товщина стінки за паспортом або мінімальне середнє значення товщини, визначене за результатами раніше проведених вимірювань (під час виготовлення апарата або під час його попереднього діагностування), мм;

$\delta = 0.5$ плюсовий допуск на товщину стінки посудини, мм;

τ_0 – розрахунковий (у разі використання S_{Π} за паспортом) або призначений попереднім діагностуванням термін служби, роки.

Якщо наведені в паспорті апарата товщина стінок отримана в результаті вимірювань, то плюсовий допуск на товщину стінки в формулі (10.11) не застосовується [2].

10.1.1.14. Значення товщини стінки S_τ , що гарантує відсутність ризикових ситуацій за причиною розгерметизації на τ років експлуатації ємності, мм:

$$S_\tau = S_M - V_K \cdot \tau = 9.594 - (-0.204) \cdot 25 = 9.594 - (-5.1) = 14.694 \text{ мм.} \quad (10.12)$$

10.2. Розрахунок коефіцієнта довірчої ймовірності Стюдента

При розрахунку коефіцієнта довірчої ймовірності Стюдента існує три випадки співвідношення між максимально припустимою повною погрішністю виміру Δ , яка також залежить від систематичної похибки, що задана виробником ΔS і середньоквадратичним відхиленням D_{cp} .

1 випадок:

$$\Delta S / D_{cp} < 0.8 \quad (10.13)$$

У цьому випадку систематичною похибкою ΔS можна знехтувати так, як її значення менше випадкової похибки. Значення товщини стінки S ємності для зберігання отруйних речовин, що вийде в результаті проведення вимірювань (експерименту):

$$S = S_{CP} \pm \Delta, \text{ мм} \quad (10.14)$$

де Δ - повна похибка виміру, що залежить від точності, яка визначається при постановці задачі [3].

2 випадок:

$$\Delta S / D_{cp} > 8 \quad (10.15)$$

У цьому випадку можна знехтувати випадковою похибкою, яка визначається за допомогою середньоквадратичного відхилення D_{cp} , тому що її величина менше систематичної похибки.

$$S = S_{cp} \pm \Delta S, \text{ мм} \quad (10.16)$$

3 випадок

$$0.8 < \Delta S/D_{cp} < 8 \quad (10.17)$$

$$P(\Delta) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}. \quad (10.18)$$

Зазначена формула відповідає нормальному розподілу (розподілу Гауса). [4]. Виходячи із цього, можна розрахувати поставлену в умові завдання: визначити необхідну кількість вимірів для одержання результатів із заданою точністю.

Для цього задається максимально припустима похибка Δ (точність експерименту), тому що σ відомо (задано в умові).

Визначається коефіцієнт Ст'юдента:

$$t = \frac{\Delta}{D_{cp}}. \quad (10.19)$$

По розрахованому коефіцієнті t по таблиці в Додатку А знаходимо параметри, що відповідають знайденому значенню t : необхідне число вимірів N і точність P .

$K_C(n, W)$ - коефіцієнт довірчої ймовірності Ст'юдента, визначається за допомогою розподілу Ст'юдента (Додаток А [2]) залежно від числа

вимірювань та заданої довірчої ймовірності W , яку визначають за таблицею (Додаток А [2]), або за формулою (Додаток А [2])

По розрахованому коефіцієнту $K_C(n, W)$ по таблиці (Додаток А [2]), знаходять параметри, що відповідають знайденому значенню довірчої ймовірності: необхідне число вимірів N для отримання результатів вимірювання зі необхідною точністю, про що свідчить довірна ймовірність W .

10.3. Вибір необхідного і достатнього числа дослідів

Вирішимо задачу для конкретного приладу “Потік 4М” виміри температури з первинним перетворенням температура – частота.

Як еталон температури візьмемо температуру кипіння дистильованої води при тиску 748 мм. рт. ст. $S = 100^{\circ}\text{C}$ [3]. Провівши 10 вимірів, маємо наступну вибірку, Таблиця 10.2:

Таблиця 10.2 – Таблиця вимірів температури

Номер вимірювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$s_i, ^{\circ}\text{C}$	101	102	98	99	97	99	101	104	105	101
$(s_i - S)^2, ^{\circ}\text{C}^2$	1	4	4	1	9	1	1	16	25	1

де s_i - показання приладу,

S - теоретично задане значення (у даному випадку $S = 100^{\circ}\text{C}$).

За формулою (10.5) розраховуємо середньоквадратичне відхилення

$$D_{CP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (s_i - S)^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{(101-100)^2 + (102-100)^2 + (98-100)^2 + \dots + (104-100)^2 + (105-100)^2 + (101-100)^2}{10 \cdot (10-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1+4+4+1+9+1+1+16+25+1}{10 \cdot 9}} = 0.8367, ^{\circ}\text{C}.$$

Нехай необхідно забезпечити максимально припустиму похибку $\Delta = \pm 2^{\circ}\text{C}$.

За формулою (10.9) розрахуємо коефіцієнт Стюдента:

$$t = \frac{\Delta}{D_{CP}} = \frac{2}{0.8367} = 2.3905.$$

При максимально припустимих похибках $\Delta = \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ і $\Delta = \pm 3^{\circ}\text{C}$ по формулі (10.11) коефіцієнт Стюдента буде відповідно дорівнює 1.7928 і 3.5855.

Це відноситься до третього випадку, коли $\frac{S}{D_{CP}}$ попадає в інтервал (0,8...8...8)

З таблиці (див. Додатка А) знаходимо необхідне число вимірів для одержання результатів із заданою точністю. Для цього по верхньому рядку визначаємо відповідність необхідної і заданої точності тобто верхній рядок q визначає різницю 100 і точності вимірів, помноженої на 100 %.

Наприклад:

$$P_T = 100 - q \cdot 100 = 100 - 0,1 \cdot 100 = 90 \, \%.$$

Після цього у відповідному стовпці, для приведеного приклада в першому стовпці знаходимо найближче до розрахованого 2.3905 значенню коефіцієнта Стюдента 2.353 і у вертикальному стовпці n знаходимо кількість вимірів 3 для одержання результатів з точністю 90 %. Результати заносимо в таблицю 10.3.

Таблиця 10.3 – Вибір кількості дослідів для певної ймовірності результату

Імовірність результату з похибкою	одержання з заданою	Кількість дослідів при $\Delta = \pm 2^{\circ}\text{C}$, ($t=2.3905$)	Кількість дослідів при $\Delta = \pm 1.5^{\circ}\text{C}$, ($t=1.7928$)	Кількість дослідів при $\Delta = \pm 3^{\circ}\text{C}$, ($t=3.5855$)
1		2	3	4
90,0 %		≥ 3	≥ 12	≥ 2
95,0 %		≥ 6	≥ 73	≥ 3
97.5 %		≥ 24	-	≥ 4
98,0 %		≥ 60	-	≥ 5
1		2	3	4
99,0 %		≥ 110	-	≥ 7
99.5 %		≥ 500	-	≥ 10
99.7 %		-	-	≥ 14

З таблиці 10.3 видно, що на даному приладі доцільно проводити виміру з точністю до 95,0 %, тому що, маючи невелику похибку $\Delta = \pm 2^{\circ}\text{C}$ потрібно провести усього лише 6 експериментів.

10.4. Кількість експериментів і визначення точності вимірів

Нехай розглядається процес виходу газу з тиском $P = 25$ МПа і при температурі $T = 30^{\circ}\text{C}$ – температура робітничого середовища. Дебет газу при цьому $Q = 1500$ тис.нм³/доба. Розрахуємо необхідне число експериментів для точного виміру параметрів P , T , Q . визначимо необхідне число вимірів.

Візьмемо вибірку раніше обмірюваних значень P . Ці значення приведемо у виді таблиці 10.4.

Таблиця 10.4 – Значення тиску і температури газу

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , МПа	25	25,1	25,05	25,02	24,95	24,97	25,01	24,99	24,97	25,03
$(s_i - S)^2$, $^{\circ}\text{C}$	0	0,01	0,0025	0,0004	0,0025	0,003	0,001	0,001	0,0009	0,0009

де s_i - показання приладу,

S - теоретично задане значення (у даному випадку $S = 25$ МПа).

За формулою (10.5) знайдене середньоквадратичне відхилення:

$$D_{CP} = \sqrt{\frac{(25-25)^2 + (25,1-25)^2 + \dots + (24,97-25)^2 + (25,03-25)^2}{10 \cdot (10-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0+0,1+\dots+0,0009+0,0009}{10 \cdot 9}} = 0,0139$$

Задамося максимально припустимим відхиленням $\Delta = \pm 0.05$ МПа.

Коефіцієнт Стюдента за формулою (10.9):

$$t = \frac{\Delta}{D_{CP}} = \frac{0.05}{0.0139} = 3.58.$$

По таблиці (див. додаток А) визначимо необхідне число вимірів (N) із заданою імовірністю перебування результату в довірчому інтервалі. Результати приведемо в таблиці 10.5.

Таблиця 10.5 -Необхідне число вимірів (N) із заданою імовірністю перебування результату в довірчому інтервалі

Імовірність одержання результату з заданою погрішністю	Кількість дослідів при $\Delta = \pm 0.05$ °C, ($t=3.58$)
1	2
90,0 %	≤ 2
95,0 %	≤ 3
97.5 %	≤ 4
98,0 %	≤ 5
99,0 %	≤ 7
99.5 %	≤ 10

Необхідне число вимірів температури для визначення значення з розрахованим ступенем точності, таблиця 10.6:

Візьмемо вибірку обмірюваних значень t [3]:

Таблиця 10.6 - Необхідне число вимірів температури

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t, ^\circ\text{C}$	30,5	30,8	29,9	30,2	29,7	30,3	30,1	30,2	29,9	29,8
$(s_i - S)^2, ^\circ\text{C}$	0.25	0.64	0.01	0.04	0.09	0.09	0.01	0.04	0.01	0.04

де s_i - показання приладу,

S - теоретично задане значення (у даному випадку $S = 25$ МПа).

Визначимо за формулою (10.5) середньоквадратичне відхилення D_{CP} :

$$D_{CP} = \sqrt{\frac{(30,5-30)^2 + (30,8-30)^2 + \dots + (29,9-30)^2 + (29,8-30)^2}{10 \cdot (10-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,25 + 0,64 + \dots + 0,01 + 0,04}{10 \cdot 9}} = 0,1072.$$

За максимально припустиму похибку приймемо $\Delta = \pm 0,5$ °С.

Розрахуємо за формулою (10.9) коефіцієнт Стюдента:

$$t = \frac{0,5}{0,1072} = 4,66.$$

За таблицею (див. додаток А) розрахуємо необхідне число вимірів (N) із заданою точністю $\Delta = \pm 0,5$ °С. Результат заносимо в таблицю 10.7.

Таблиця 10.7-Необхідне число вимірів (N) із заданою точністю $\Delta = \pm 0,5$ °С.

Імовірність одержання результату з заданою похибкою	N .
1	2
90,0 %	≤ 1
95,0 %	≤ 2
97,5 %	≤ 3
98,0 %	≤ 3
99,0 %	≤ 4
99,5 %	≤ 5

За умови $P = 25$ МПа і $t = 30$ °С, розрахованих у п. 1. і п. 2, визначимо необхідне число вимірів дебету газу (Q) із заданою точністю вимірів, таблиця 10.8.

Візьмемо вибірку раніше обмірюваних значень дебету газу [4].

Таблиця 10.8 - Необхідне число вимірів дебету газу

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , тис. $m^3/добу.$	1500,5	1505	1502	1498	1497	1495	1507	1504	1493	1504
$(s_i - S)^2$ $^{\circ}C$	0.25	25	4	4	9	25	49	16	49	16

Розрахуємо за формулою (10.5) середньоквадратичне відхилення D_{CP} :

$$D_{CP} = \sqrt{\frac{(1500,5-1500)^2 + (1505-1500)^2 + \dots + (1493-1500)^2 + (1504-1500)^2}{10 \cdot (10-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,25 + 25 + 4 + 4 + 9 + 25 + 49 + 16 + 49 + 16}{10 \cdot 9}} = 1,3$$

Приймаємо максимально припустиме відхилення $\Delta = 2,2$ тис. $m^3/добу.$

Розрахуємо за формулою (10.9) коефіцієнт Ст'юдента:

$$t = \frac{\Delta}{D_{CP}} = \frac{2,2}{1,3} = 1,6923$$

За таблицею (див. Додаток А) розрахуємо необхідне число вимірів (N) із заданою імовірністю перебування значення в довірчому інтервалі (A).
Результати занесемо в таблицю 10.9.

Таблиця 10.9 - необхідне число вимірів (N) із заданою імовірністю перебування значення в довірчому інтервалі (A)

Імовірність одержання результату з заданою похибкою	N
1	2
90,0 %	≥ 40
95,0 %	≥ 500

Подальше проведення розрахунків не має змісту, тому що точність приладу не дозволяє зробити виміру з точністю більшої 95 %.

ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень (10 вимірювань товщини стінки для зберігання отруйних речовин) встановлено, що:

- середнє значення товщини стінки ємності становить 10,7 мм;
- середнє арифметичне значеннь відхилення варіантів від середнього значення 0,196 мм;
- характеристика степені коливань товщини стінки (дисперсія – середній квадрат відхилення) 0,0646 мм;
- похибка одного вимірювання товщини стінки 0,254 мм;
- середнє квадратичне відхилення від середнього значення вимірюної товщини стінки 0,08 мм;
- ймовірне мінімальне значення товщини стінки 9,594 мм;
- коефіцієнт довірчої ймовірності Стюдента 1,875,

необхідним числом замірів, що задовольняють бажаному значенню довірчої ймовірності:

- 90 % треба зробити 3 вимірювання товщини стінки;
- 95 % треба зробити 9 вимірювань товщини стінки;
- 97 % треба зробити 500 вимірювань товщини стінки;

2. Для зберігання отруйних речовин у ємності протягом 25 років, при швидкості корозії за 1 рік 0,204 мм необхідно зробити товщину стінки ємності – 14,69 мм, тобто приблизно 15 мм.

3. При використанні комплексу «Потік 4М» для досягнення точності 99,0 % необхідно 5 вимірів значення температури і 7 вимірів значення тиску.

4. Однак, комплекс при контролі дебету газу має більш низьку точність, не більш 90,0 % при 500 вимірах. Тому рекомендується замінити пристрій контролю дебету газу, на більш точне.

5. Економія коштів підприємства завдяки розрахункові кількості експериментів по вимір температури, тиску і дебету газу. Виміри робить бригада з двох чоловік з окладом \$160 на місяць (\$1,6 у годину). Один вимір

кожного параметра займає 20 хвилин. Без розрахунку необхідної і достатньої кількості вимірів на підприємстві проводиться 40 вимірів кожного параметра (одночасно з дебетом газу) і підприємство витрачає на це 480 грн. Після визначення, що необхідним і достатнім є усього лише 5 вимірів температури і 10 вимірів тиску, що забезпечить довірчу ймовірність 99,5 %. При цьому підприємство заощаджує 260 грн.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для зберігання отруйних речовин у ємності протягом 25 років, при швидкості корозії за 1 рік 0,204 мм необхідно зробити товщину стінки ємності – 14,69 мм, тобто приблизно 15 мм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле [Текст]./ П.А. Рыжов - М.: Высш. школа, 1973. – 287 с.
- 2 ДСТУ 4046-2001 Обладнання технологічне нафтопереробних, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні вимоги. [Текст]. – Введ. 2001-01-01. К.: Видавн. стандартів, 2001. - 27 с.
- 3 Метрология и измерительная техника /Под ред. Е.В. Киляева. – М.: ВИНТИ, 1975. – 326 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Ивашов-Мусатов О.С. Теория вероятностей и математическая статистика. [Текст]./О.С. Ивашов-Мусатов – М.: Наука, 1979. – 256с.
2. Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика./Под ред. Р.В. Гашкремидзе. – М.: Наука, 1990. – 152с.
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей и результатов измерений. [Текст]./П.В. Новицкий., И.А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985. – 247с.
4. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов.
/Под ред. канд. техн. Наук Э.К. Лецкого. – М.: Мир, 1977. – 380с.
5. Планирование эксперимента, идентификация, анализ и оптимизация многофакторных систем: Межвуз. сб. науч. тр. /Новосиб. электротехн. ин-т; [Редкол.: В.И.Денисов и др.]. – Новосибирск: МЭТИ, 1990. – 72с.
6. Метрология и измерительная техника. /Под ред. П.Н. Агалецкого. – М.: Наука, 1982. – 226с.

ДОДАТОК А. (довідковий)

ДСТУ 4046-2001. КОЕФІЦІЄНТИ ДОВІРЧОЇ ЙМОВІРНОСТІ ЗА РОЗПОДІЛОМ СТЮДЕНТА

Коефіцієнт довірчої ймовірності $K_c(n, W)$ визначають за таблицею А.1 або за формулою:

$$W = \int_{-K_c}^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{n-1} \cdot \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{K^2}{n-1}\right)^{\frac{n}{2}}} dK ,$$

де $\Gamma(n/2)$ $\Gamma((n-1)/2)$ – гама функції;

W – довірна ймовірність.

n – число вимірювань	Коефіцієнт довірчої ймовірності $K_c(n, W)$						
	W – довірна ймовірність						
	0,90000	0,95000	0,97000	0,99000	0,99500	0,99865	0,99900
1	2	3	4	5	6	7	8
2	3,08	6,31	10,6	31,8	63,7	235,8	318,3
3	1,89	2,92	3,90	6,96	9,92	19,2	22,3
4	1,64	2,35	2,95	4,54	5,84	9,22	10,2
5	1,53	2,13	2,60	3,75	4,60	6,62	7,17
6	1,48	2,02	2,42	3,36	4,03	5,51	5,89
7	1,44	1,94	2,31	3,14	3,71	4,90	5,21
8	1,41	1,89	2,24	3,00	3,50	4,53	4,79
9	1,40	1,86	2,19	2,90	3,36	4,28	4,50
10	1,38	1,83	2,15	2,82	3,25	4,10	4,30
11	1,37	1,81	2,12	2,76	3,17	3,96	4,14
12	1,36	1,80	2,10	2,72	3,11	3,85	4,02

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
13	1,36	1,78	2,08	2,68	3,05	3,76	3,93
14	1,35	1,77	2,06	2,65	3,01	3,69	3,85
15	1,35	1,76	2,05	2,62	2,98	3,63	3,79
16	1,34	1,75	2,03	2,60	2,95	3,59	3,73
17	1,34	1,75	2,02	2,58	2,92	3,54	3,69
18	1,33	1,74	2,02	2,57	2,90	3,51	3,65
19	1,33	1,73	2,01	2,55	2,88	3,48	3,61
20	1,33	1,73	2,00	2,54	2,86	3,45	3,58
21	1,33	1,72	1,99	2,53	2,85	3,42	3,55
22	1,32	1,72	1,99	2,52	2,83	3,40	3,53
23	1,32	1,72	1,98	2,51	2,82	3,38	3,50
24	1,32	1,71	1,98	2,50	2,81	3,36	3,49
25	1,32	1,71	1,97	2,49	2,80	3,34	3,47
26	1,32	1,71	1,97	2,49	2,79	3,33	3,45
27	1,31	1,71	1,97	2,48	2,78	3,31	3,43
28	1,31	1,70	1,96	2,47	2,77	3,30	3,42
29	1,31	1,70	1,96	2,47	2,76	3,29	3,41
30	1,31	1,70	1,96	2,46	2,76	3,28	3,40
31	1,31	1,70	1,95	2,46	2,75	3,27	3,39
33	1,31	1,69	1,95	2,45	2,74	3,25	3,36
35	1,31	1,69	1,95	2,44	2,73	3,24	3,35
37	1,31	1,69	1,94	2,43	2,72	3,22	3,33
39	1,30	1,69	1,94	2,43	2,71	3,21	3,32
41	1,30	1,68	1,94	2,42	2,70	3,20	3,30
43	1,30	1,68	1,93	2,42	2,70	3,19	3,30
45	1,30	1,68	1,93	2,41	2,69	3,18	3,29
47	1,30	1,68	1,93	2,41	2,69	3,17	3,28
49	1,30	1,68	1,93	2,41	2,68	3,16	3,27
51	1,30	1,68	1,92	2,40	2,68	3,16	3,26
56	1,30	1,67	1,92	2,40	2,67	3,14	3,25
61	1,30	1,67	1,92	2,39	2,66	3,13	3,23
66	1,29	1,67	1,91	2,39	2,65	3,12	3,22
71	1,29	1,67	1,91	2,38	2,65	3,11	3,21

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
81	1,29	1,66	1,91	2,37	2,64	3,10	3,19
91	1,29	1,66	1,90	2,37	2,63	3,08	3,18
101	1,29	1,66	1,90	2,36	2,63	3,08	3,17
121	1,29	1,66	1,90	2,36	2,62	3,06	3,16
151	1,29	1,66	1,90	2,35	2,61	3,05	3,14
201	1,29	1,65	1,89	2,35	2,60	3,04	3,13
251	1,28	1,65	1,89	2,34	2,60	3,03	3,12
301	1,28	1,65	1,89	2,34	2,59	3,03	3,12
401	1,28	1,65	1,89	2,34	2,59	3,02	3,11
501	1,28	1,65	1,89	2,33	2,59	3,02	3,11

ДОДАТОК Б. Використання оболонки LabView

Б.1. Обчислення середньоквадратичного, рисунок Б.1.

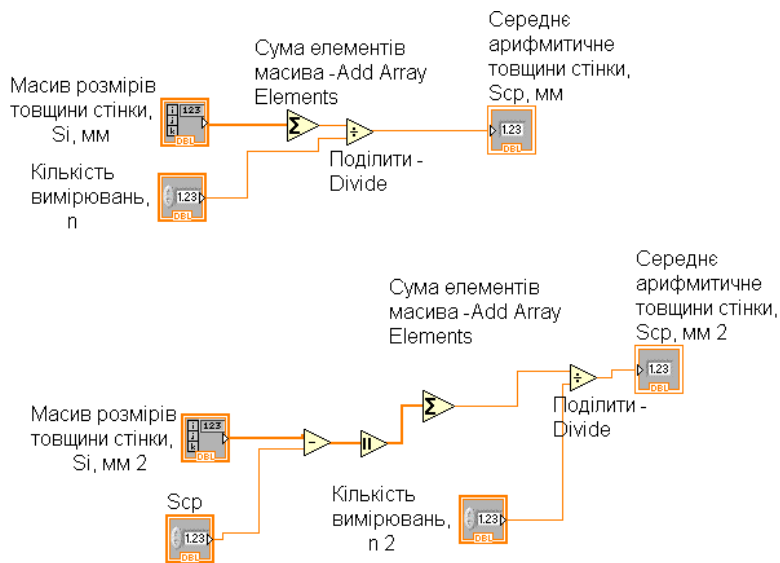
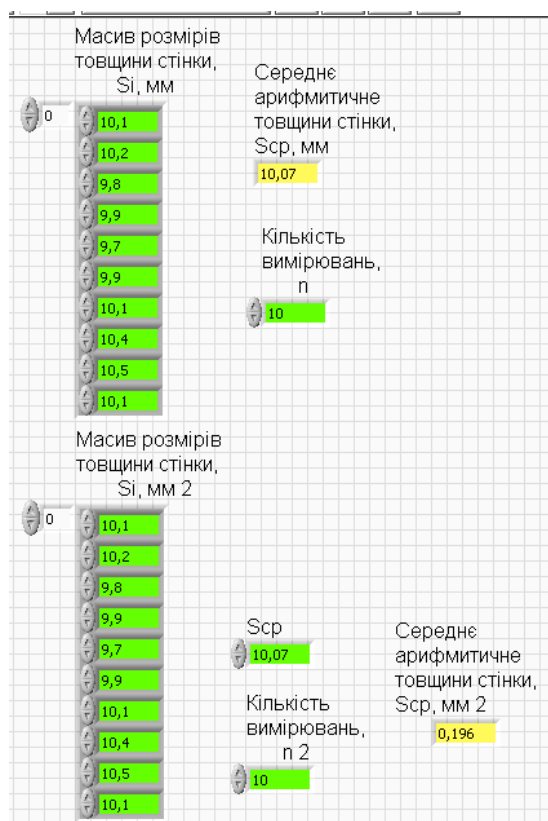


Рисунок Б.1- Контрольна панель і блок схема приладу для обчислення середнього арифметичного товщини стінки

Б.2. Обчислення середньоарифметичного та відхилення варіантів від середнього, рисунок Б.2.

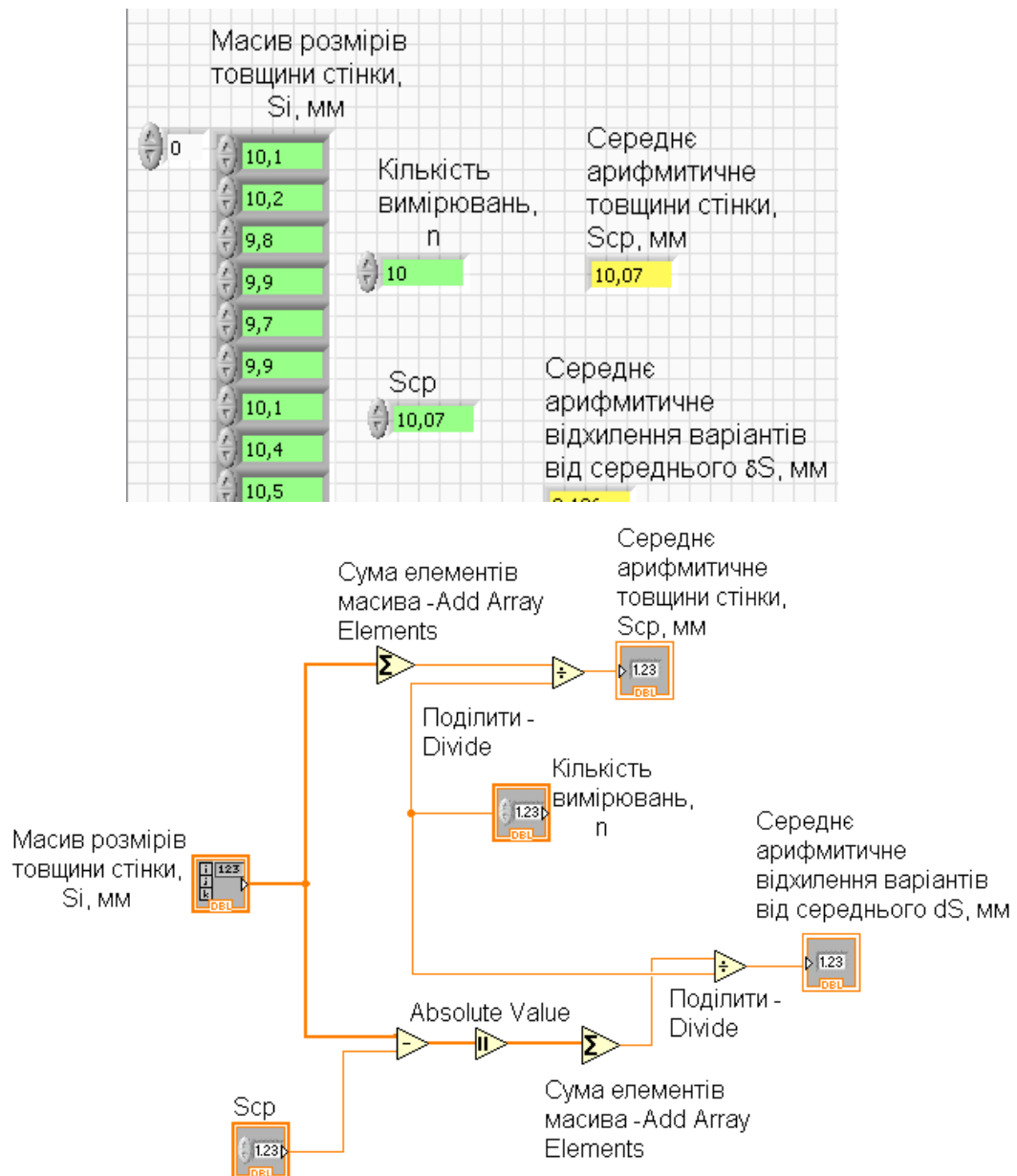


Рисунок Б.2- Контрольна панель і блок схема приладу для обчислення середнього арифметичного і віднілення від середнього товщини стінки

Б.3. Обчислення середньоарифметичного за допомогою структури

Формульний вузол – **Formula Node**, рисунок Б.3

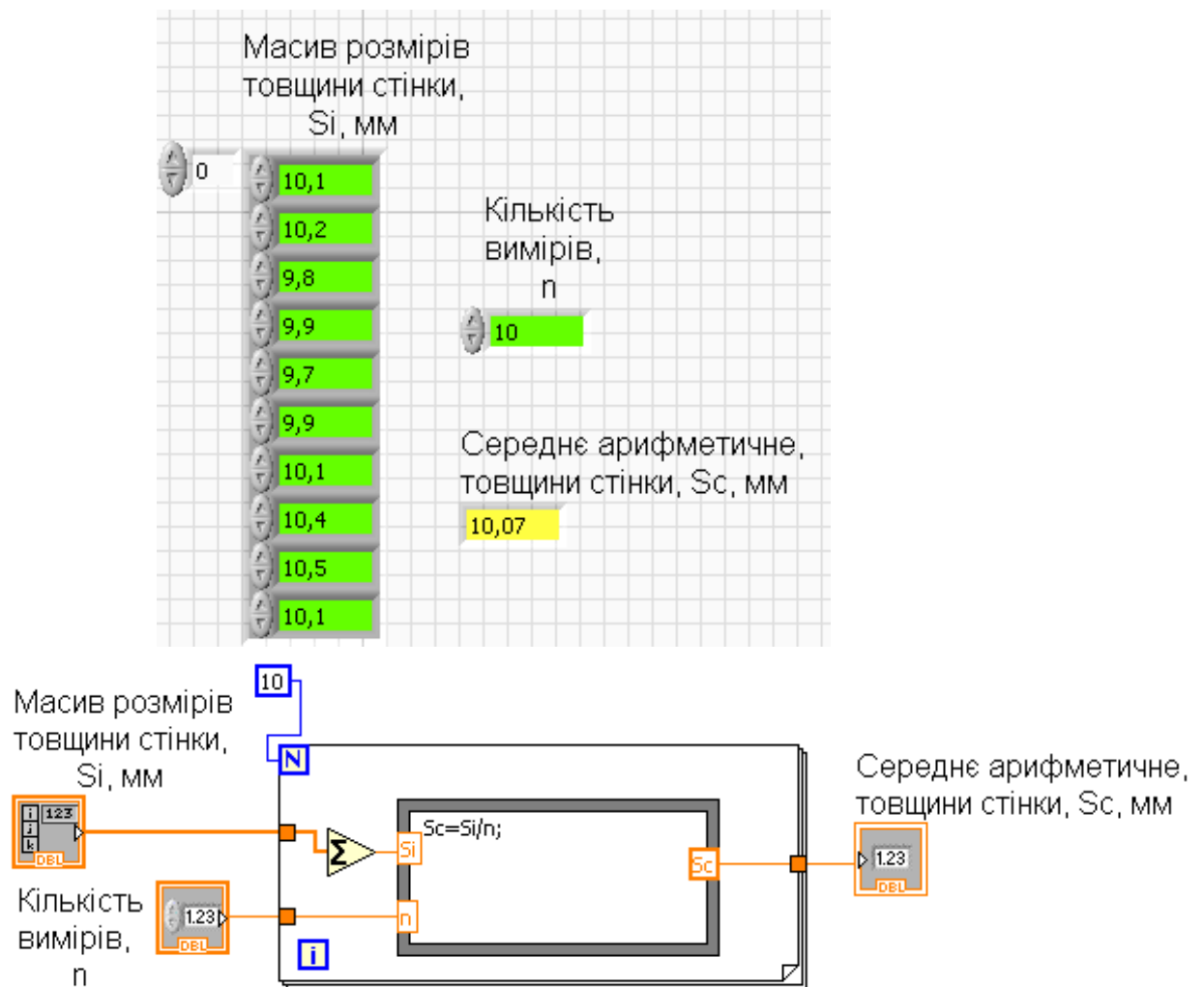


Рисунок Б.3- Контрольна панель і блок-схема приладу для обчислення середнього арифметичного середньої товщини стінки

ДОДАТОК В

Межгосударственный стандарт ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) "Штангенциркули. Технические условия" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 30 октября 1989 г. № 3253)

Vernier callipers. Specifications

Дата введения 1 января 1991 г. Взамен ГОСТ 166-80

Настоящий стандарт распространяется на штангенциркули, предназначенные для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм, а также штангенциркули специального назначения для измерения канавок на наружных и внутренних поверхностях, проточек, расстояний между осями отверстий малых диаметров и стенок труб.

Требования настоящего стандарта являются обязательными. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1. Типы, основные параметры и размеры

1.1. Штангенциркули следует изготавливать следующих основных типов:

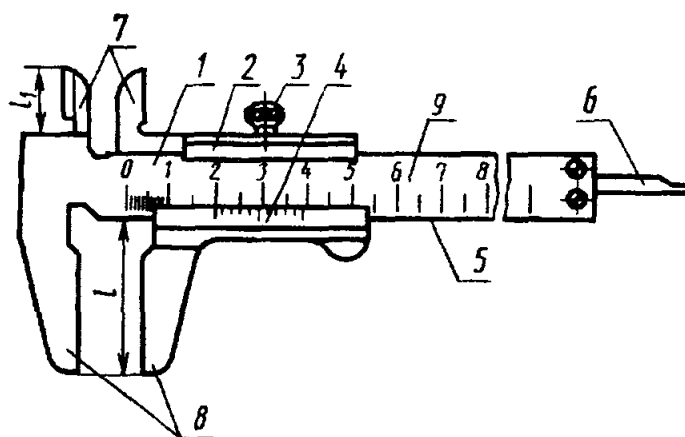
I - двусторонние с глубиномером ([черт. 1](#));

Т-1 - односторонние с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов ([черт. 2](#));

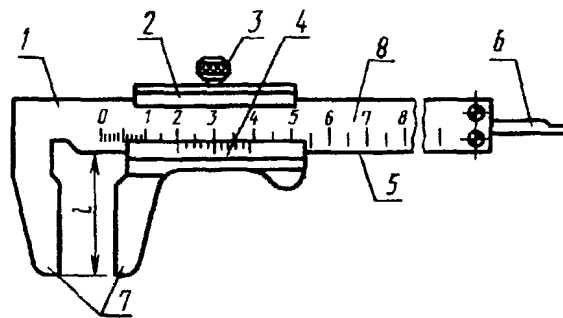
II - двусторонние ([черт. 3](#));

III - односторонние ([черт. 4](#)).

Примечание. Допускается оснащать штангенциркули приспособлениями или вспомогательными измерительными поверхностями для расширения функциональных возможностей (измерения высот, уступов и др.).

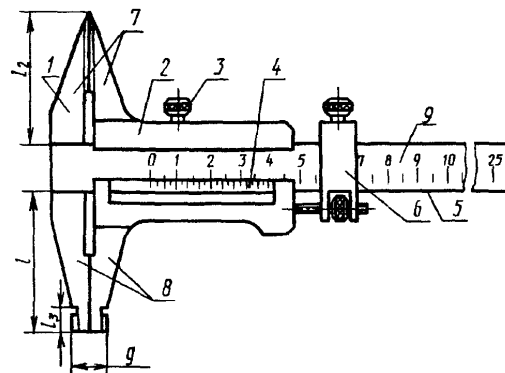


1 — штанга; 2 — рамка; 3 — зажимающий элемент; 4 — нониус; 5 — рабочая поверхность штанги; 6 — глубиномер; 7 — губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 — губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 9 — шкала штанги



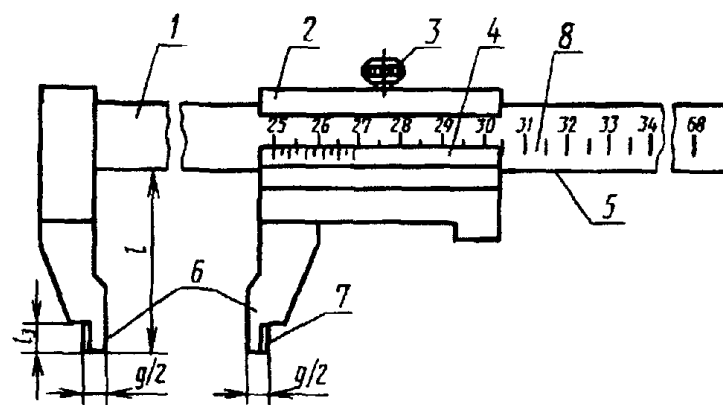
1 — штанга; 2 — рамка; 3 — зажимающий элемент; 4 — нониус; 5 — рабочая поверхность штанги; 6 — глубиномер; 7 — губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 — шкала штанги

Черт. 2



1 — штанга; 2 — рамка; 3 — зажимающий элемент; 4 — нониус; 5 — рабочая поверхность штанги; 6 — устройство тонкой установки рамки; 7 — губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 — губки с плоскими и цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения наружных и внутренних размеров соответственно; 9 — шкала штанги

Черт. 3

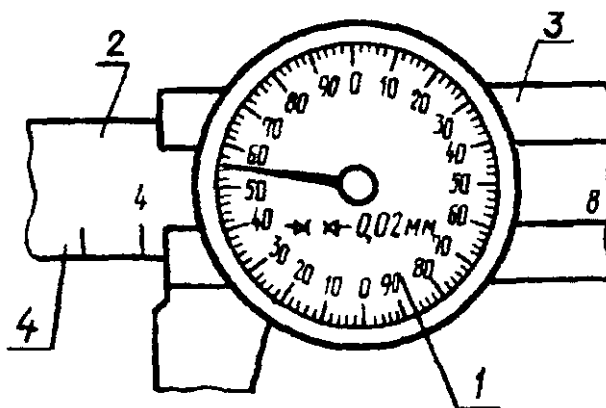


1 — штанга; 2 — рамка; 3 — зажимающий элемент; 4 — нониус; 5 — рабочая поверхность штанги; 6 — губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 7 — губки с цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 — шкала штанги

Черт. 4

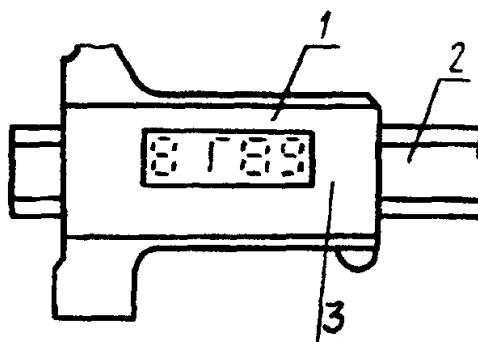
(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.2. Штангенциркули следует изготавливать с отсчетом по нониусу (ШЦ) ([черт. 1-4](#)) или с отсчетом по круговой шкале (ШЦК) ([черт.5](#)), или с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ) ([черт.6](#)).



1 — круговая шкала отсчетного устройства;
2 — штанга; 3 — рамка; 4 — шкала штанги

Черт. 5



1 — цифровое отсчетное устройство;
2 — штанга; 3 — рамка

Черт. 6

Примечание. [Черт. 1-6](#) не определяют конструкцию штангенциркулей.

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89

То же, штангенциркуль [типа II](#) с диапазоном измерения 250-630 мм и значением отсчета по нониусу 0,1 мм, класса точности 1:

Штангенциркуль ШЦ-II- 250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89

То же, штангенциркуль [типа I](#) с диапазоном измерения 0-150 мм с ценой деления круговой шкалы 0,02 мм:

Штангенциркуль ШЦК-I-150-0,02 ГОСТ 166-89

То же, штангенциркуля типа I с диапазоном измерения 0-125 мм с шагом дискретности цифрового отсчетного устройства 0,01 мм:

1.3. Диапазон измерений, значение отсчета по нониусу, цена деления круговой шкалы и шаг дискретности цифрового отсчетного устройства штангенциркулей должны соответствовать указанным в табл. 1

Таблица 1. Значения в таблице в мм

Диапазон измерения штангенциркулей	Значение отсчета по нониусу	Цена деления круговой шкалы отсчетного устройства	Шаг дискретности цифрового устройства
1	2	3	4
0...125	0, 0.5; 0.1	0.02; 0.05; 0.1	0.01
0...135			
0...150			
0...160			
0...200			
0...250			
0...300			
0...400			
0...500			
250...630			
250...800	0.1		
320...1000			
500...1250			
500...1600			
800...2000			

Примечания:

1. Нижний предел измерения у штангенциркулей с верхним пределом до 400 мм установлен для измерения наружных размеров.

2. У штангенциркулей типа T-I диапазон измерения относится только к измерениям наружных размеров и глубины.

3. Верхний предел измерения штангенциркулей типов I и T-I должен быть не более 300 мм.

4. Допускается изготавливать штангенциркули с отдельными нониусами или шкалами для измерения наружных и внутренних размеров.

5. Допускается изготавливать штангенциркули типа III с поверхностями для измерения наружных размеров из твердого сплава. (Твердый сплав по ГОСТ 3882).

Пример условного обозначения штангенциркуля типа II с диапазоном измерения 0 - 250 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 мм:

2. Технические требования

2.1. Штангенциркули следует изготавливать в соответствии с требованиями настоящего стандарта по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

2.2. Штангенциркули со значением отсчета по нониусу 0,1 мм и верхним пределом измерения до 400 мм и штангенциркули с отсчетом по круговой шкале с ценой деления 0,1 мм следует изготавливать двух классов точности: 1 и 2.

2.3. Предел допускаемой погрешности штангенциркулей при температуре окружающей среды (20+5)°С должен соответствовать указанному в [табл. 3](#).

2.4. Предел допускаемой погрешности штангенциркулей [типов I](#) и [T-I](#) при измерении глубины, равной 20 мм, должен соответствовать [табл. 2](#).

Таблица 2. Значения в мм

Измеряемая длина	Предел допускаемой погрешности штангенциркулей (±)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	При значении отсчета по нониусу			С ценой деления круговой шкалы отсчетного устройства			С шагом дискретности цифрового отсчетного устройства	
	0.05	0,1 для класса точности		0.02	0.05	0.1 для класса точности		0.01
		1	2			1	2	
До 100	0.05	0.05	0.10	0.03	0.04	0.05	0.08	0.03
Св. 100 до 200				0.04				0.04
200-300		0.10	-	-	-	-	-	0.05
300-400								0.06
400-600	0.10	-	-	-	-	-	-	0.07
600-800								-
800-1000	-	0.15	-	-	-	-	-	-
1000-1100		0.16						
1100-1200		0.17						
1200-1300		0.18						
1300-1400		0.19						
1400-1500		0.20						
1500-2000								

Примечания:

1. За измеряемую длину принимают номинальное расстояние между измерительными поверхностями губок.

2. У штангенциркулей с одним нониусом погрешность проверяют по губкам для измерения наружных размеров.

3. При сдвигании губок штангенциркулей до их соприкосновения смещение нулевого штриха нониуса допускается только в сторону увеличения размера.

4. Погрешность штангенциркуля не должна превышать значений, указанных в [табл. 2](#) при температуре (20+10)°С при проверке их по плоскопараллельным концевым мерам длины из стали.

2.5. Допуск плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей должен составлять 0,01 мм на 100 мм длины большей стороны измерительной поверхности штангенциркулей.

При этом допускаемые отклонения плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей должны быть:

0,004 мм - для штангенциркулей со значением отсчета по нониусу, с ценой деления шкалы и шагом дискретности не более 0,05 мм и длиной большей стороны измерительной поверхности менее 40 мм;

0,007 мм - для штангенциркулей со значением отсчета по нониусу и с ценой деления шкалы 0,1 мм и длиной большей стороны измерительной поверхности менее 70 мм.

Допуск прямолинейности торца штанги штангенциркулей [типов I](#) и [T-I](#) должен составлять 0,01 мм.

По краям плоских измерительных поверхностей в зоне шириной не более 0,2 мм допускаются завалы.

Примечание. Требования к плоскостности относят только к поверхностям шириной более 4 мм.

(Измененная редакция, Изм. N 1, 2).

2.6. Допуск параллельности измерительных поверхностей губок для измерения внутренних размеров должен составлять 0,010 мм и на всей длине. Для штангенциркулей 2 класса точности измерительные поверхности кромочных губок допускается изготавливать с допуском параллельности 0,02 мм.

В зоне до 0,5 мм от верхней кромки измерительных поверхностей допускаются завалы.

Допуск параллельности на 100 мм длины плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров должен быть:

0,02 мм - при значении отсчета по нониусу, цене деления шкалы и шаге дискретности не более 0,05 мм;

0,03 мм - при значении отсчета по нониусу и цене деления шкалы 0,1 мм.

2.7. Мертвый ход микрометрической пары устройства для тонкой установки рамки не должен превышать 1/3 оборота.

2.8. Отклонения размера g губок с цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров не должны превышать: (+0,03/0) мм при цене деления или значении отсчета по нониусу не менее 0,05 мм; (+0,01/0) мм при цене деления или шаге дискретности менее 0,05 мм.

2.9. Рамка не должна перемещаться по штанге под действием собственного веса при вертикальном положении штангенциркуля.

2.25. Комплектность

2.25.1. К каждому штангенциркулю должна быть приложена эксплуатационная документация по ГОСТ 2.601.

2.25.2. По заказу потребителя штангенциркули типов II и III комплектуют приспособлением для разметки.

2.26. Маркировка

2.26.1. На каждом штангенциркуле должны быть нанесены:

товарный знак предприятия-изготовителя;

порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;

условное обозначение года выпуска;

значение отсчета по нониусу или цена деления;

размер g (у штангенциркулей типов II и III с одним нониусом или одной шкалой, черт. 3 - 4) на одной из губок;

класс точности 2 (для штангенциркулей со значением отсчета по нониусу или ценой деления шкалы 0,1 мм);

слово "Внутр." на шкале для измерения внутренних размеров.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.26.2. Допускается не указывать порядковый номер в эксплуатационной документации.

2.26.3. Маркировка на футляре - по ГОСТ 13762.

Наименование или условное обозначение штангенциркуля наносят только на жестком футляре.

2.27. Упаковка

2.27.1. Методы и средства для обезжиривания и консервации штангенциркулей - по ГОСТ 9.014.

2.27.2. Штангенциркули должны быть упакованы в футляры, изготовленные из материалов по ГОСТ 13762. Для штангенциркулей с нониусом с верхним пределом до 630 мм включительно допускается мягкая упаковка.

2.27.3. Штангенциркули с пределом измерения свыше 400 мм при транспортировании в контейнерах допускается упаковывать в футляры без транспортной тары.

При упаковывании без транспортной тары футляры с штангенциркулями должны быть закреплены так, чтобы исключалась возможность их перемещения.

3. Приемка

3.1. Для проверки соответствия штангенциркулей требованиям настоящего стандарта следует проводить государственные испытания, приемочный контроль, периодические испытания.

(Измененная редакция, Изм. №2).

3.2. Государственные испытания - по ГОСТ 8.383* и ГОСТ 8.001*.

Проверку погрешностей штангенциркулей при температуре (20+/-10)°C проводят только при государственных испытаниях.

4. Методы контроля и испытаний

4.1. Поверка штангенциркулей - по ГОСТ 8.113 и МИ 1384.

4.2. При определении влияния транспортной тряски используют ударный стенд, создающий тряску ускорением 30 м/с² при частоте 80-120 ударов в минуту.

Штангенциркули в упаковке крепят к стенду и испытывают при общем числе ударов 15000. После испытаний погрешность штангенциркулей не должна превышать значений, указанных в [табл. 3](#).

Допускается проводить испытания штангенциркулей транспортированием на грузовой машине со скоростью 20-40 км/ч на расстояние не менее 100 км по грунтовой дороге.

4.3. Воздействие климатических факторов внешней среды при транспортировании определяют в климатических камерах в следующих режимах: при температуре минус (50+/-3)°C, плюс (50+/-3)°C и при влажности (95+/-3) %. Выдержка в климатической камере по каждому из трех видов испытаний - 2 ч. После испытаний погрешность штангенциркулей не должна превышать значений, указанных в [табл. 3](#).

Допускается после выдержки штангенциркулей в каждом режиме выдерживать его в нормальных условиях в течение 2 ч.

5. Транспортирование и хранение. Транспортирование и хранение - по ГОСТ 13762.

6. Указания по эксплуатации

Штангенциркули допускается эксплуатировать при температуре окружающей среды от 10 до 40°C и относительной влажности воздуха - не более 80 % при температуре 25°C.

7. Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие штангенциркулей требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации штангенциркулей - 12 мес со дня ввода в эксплуатацию, штангенциркулей, оснащенных твердым сплавом, - 18 мес, а при продаже через розничную сеть - 12 мес со дня продажи.

* На территории Российской Федерации действуют ПР 50.2.009-94.

ДОДАТОК Г

ЗАХІСТНІ ПОКРИТТЯ

Номінальна товщина стінки ємності t обирається [1]:

$$t - \Delta \geq \max (t_e + c, t_g, t_k), \quad (\text{Г.1})$$

де Δ – минусовий допуск на прокат, мм;

c – припуск на корозію, мм;

t_e – товщина стінки з умов експлуатації, мм;

t_g – товщина за гідравлічними випробуваннями, мм;

t_k – мінімальна конструктивна товщина, мм.

Величина припуску на корозію залежить від агресивності продукту, що знаходиться в ємності і нормативного терміну її експлуатації. Так, наприклад, для агресивного середовища з середньою швидкістю корозії металу до 0,2 мм/рік і нормативним терміном експлуатації 25 років величина припуску на корозію буде $0,05 \cdot 25 = 1,25$ мм.

Розрахунок на міцність і стійкість проводиться для розрахункової товщини стінки окремих поясів ємності t_p :

$$t_p = t - \Delta - c, \quad (\text{Г.2})$$

Корозія металів наносить величезний матеріальний збиток і внаслідок руйнування устаткування аварій, що їй відбуваються, значно погіршує екологічну обстановку на виробництві. Статистичні дані показують, що щорічні втрати металу від корозії становлять більш 14 млн т, причому тільки близько двох третин іржавого металу вдається використовувати повторно в якості металобрухту [2]. Досвід підтверджує, що більше ніж 50 % трубопроводів, по яким транспортують агресивні середовища, мають термін використання від 1 місяця до 2 років. Для захисту від корозії труб з вуглецевих сталей використовують цинкові покриття, що наносять у розплаві способом гарячого цинкування.

Корозія оцинкованих поверхонь у часі має затухаючий характер, так як захисні шари попереджують розчинення цинку. Вимоги ГОСТ 3262—75 «Трубы стальные водогазопроводные» до товщини шару цинкового покриття у взаємозв'язку з

можливостями підприємств. Відповідно до цього стандарту оцинковані труби повинні мати суцільне цинкове покриття товщиною не менш 30 мкм по всій зовнішній і внутрішній поверхні. У дійсності на гарячеоцинкованих трубах товщина цинкового покриття перевищує 30 мкм і може становити 60-80 мкм і більш. Тобто гарячеоцинковані труби вітчизняних заводів, як правило, перевищують норми європейського стандарту EN 10240 «Внутренние и/или наружные защитные покрытия для стальных труб.

Стандарт на горячецинковые покрытия, нанесенные на автоматизованных установках» по товщині покриття.

Говорячи про витрату цинку, слід зазначити, що зниження товщини шару покриття всього на 1 мкм на 1 м² поверхні дозволяє заощаджувати 7,14 г цинку. Якщо прийняти, що площа поверхні 1 т труб діаметром 25 мм і довжиною 7 м становить 100,9 м², то зниження товщини покриття навіть на 1 мкм (при цьому необхідно витримувати вимоги стандарту по товщині покриття) дозволить досягти значної економії цинку.

Інноваційною технологією нанесення захисного покриття є дифузійне цинкування у порошкових сумішах. Ця технологія є складним фізико - хімічним процесом, що проходить при температурі 723 – 773 К (450—500 °С). У процесі дифузійного цинкування в результаті взаємної дифузії атомів цинку з цинковміщуючої суміші і атомів заліза з сталеві підкладки виробу що підлягає цинкуванню на поверхні виробу утворюється залізо цинковий шар покриття.

Невеликий (до 2 %) вміст CO₂ у середовищі приводить до корозійного руйнування устаткування з вуглецевих сталей зі швидкістю від 3 до 8 мм на рік. Сама значна кількість руйнувань трубопроводів спостерігається при використанні сталей з підвищеним вмістом марганцю (типу 09Г2С, 17Г1С, 17Г1СУ тощо). Промислова статистика показує, що найнебезпечнішим є руйнування трубопроводу в результаті корозійно - механічного зношування нижньої утворюючої, супроводжуване утвором канавки шириною до 5 см і довжиною до 10-12 м. Для канавкової корозії характерні висока швидкість руйнування (4-8 мм/рік, в окремих випадках до 18 мм/рік) і відсутність шару осаду на дні й стінках канавки. Такий тип корозії приводить до розриву труб по тілу й значному екологічному збитку. Найчастіше забруднення навколишнього середовища нафтою відбувається через аварії на внутрішньпромислові й міжпромислових нафтопроводах. Наприклад, у Росії діє близько 350 тис. км таких нафтопроводів, і на них щорічно, за інформацією екологів, відбувається близько 50 тисяч аварій.

Після випробувань у твердому корозійному середовищі по методиках NACE TM 0177-96 і TM 0284-96 (зразки повністю занурювали в іспитовий розчин NACE: 5- процентний розчин NaCl за ДСТУ 4233 плюс 0,5 процентний розчин CH₃COOH за ДСТУ 19814,

насичений сірководнем, $pH < 3,5$; $T = 297\text{ K}$, час випробувань 96 година), мікротвердість покриття не змінилася й на дифузійно-оцинкованих НКТ груп міцності Д, Е і Р110 становила 3560-4890 МПа.

Якщо наведені в паспорті апарата товщина стінок отримані в результаті вимірювань, то плюсовий допуск на товщину стінки в формулі (1.11) не застосовується [2].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лапшин, А. А. Конструирование и расчёт вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления: учебное пособие / А. А. Лапшин, А. И. Колесов, М. А. Агеева; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – Н. Новгород, ННГАСУ, 2009. – 122 с. Изложен

2. Е. Проскуркин Защитные покрытия качество и долговечность труб. Государственный трубный институт им. Я. Е. Осады, Украина

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

3. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] : утв. Госгортехнадзором России 09.06.03 : взамен ПБ 03-381-00. – Режим доступа : Стройконсультант.

4. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции строит. нормы и правила [Текст] : утв. Госстроем СССР 14.08.81 : взамен СНиП II-B.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 : дата введ. 01.01.82. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.

5. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») [Текст]: утв. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР 15.08.85. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.

6. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций [Текст] : свод правил по проектированию и строительству : утв.

и введен ЦНИИС им. Кучеренко 01.01.05 : введен впервые. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 188 с.

7. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] : строит. нормы и правила: утв. Госстроем СССР 29.07.85 : взамен главы СНиП II-6-74 : дата введ. 01.01.87. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.

8. Металлические конструкции [Текст] : справочник проектировщика : в 3 т. / под общ. ред. В. В. Кузнецова. – М. : АСВ, 1998. – Т. 1-3.