

УДК 70.23.15

Кузьмич Л. В., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАКРИТОЇ МЕРЕЖІ ОСУШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ОСУШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «ГОЛОВИНСЬКА» КОСТОПІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Наведено результати натурних обстежень елементів закритої мережі осушувальної системи, встановлено основні види пошкоджень, здійснено їхній кількісний аналіз та встановлено закон розподілу надійності елементів в часі з метою прогнозування їхньої працездатності

Ключові слова: надійність, дренажний колодязь, пошкодження, відмова, працездатність

Забезпечення надійної роботи і удосконалення систем із тривалим строком їхньої служби є однією з актуальних проблем експлуатації гідромеліоративних систем, зокрема осушувальних. Упродовж експлуатації осушувальної системи під впливом різних природних та штучних факторів відбуваються процеси деградації матеріалу і, як результат - старіння та пошкодження елементів системи.

Для врахування складних процесів деградації матеріалів та зміни роботи гідромеліоративної системи потрібний аналіз об'єктів з позиції теорії надійності. Використання методів аналізу, які пропонує теорія надійності, дає змогу підвищити надійність та ефективність роботи технічних систем, тому використання цього методу є актуальним.

Оцінка надійності елементів технічної системи, а отже і гідромеліоративної системи, полягає в їхньому якісному та кількісному аналізі.

Якісний аналіз надійності закритої осушувальної мережі був здійснений на основі методу аналізу діагностичного дерева відмов [1]. Якісний аналіз окремих елементів, зокрема дренажних колодязів, здійснено у вигляді експлуатаційно-функціонального аналізу [2].

Кількісний аналіз здійснено на основі натурних досліджень з застосуванням натурних обстежень оглядових колодязів Головинської осушувальної системи [3].

Повторні обстеження Головинської осушувальної системи в 2011 році показали (див. фото Рис. 1), що з оглянутих 38 оглядових



a)



б)



в)



г)

Рис. 1. Види пошкоджень оглядових колодязів:
а) колодязі в яких відсутні верхні кільця; б) механічні пошкодження плити перекриття та верхнього кільця; в) засмічення, замулення, засипання колодязя;
г) колодязі, які знаходяться в стані відмови

колодязів в 30 з них відсутні лази (78,95%), в 20 – відсутні плити перекриття (52,63%), в 15 – відсутні верхні кільця (39,47%). Зміщення кілець виявлено в 6 випадках (15,79%), механічні пошкодження плити перекриття і верхнього кільця наявні відповідно в 12 і 10 випадках (31,58% і 26,32%). Засмічення колодязя зафіксовано в 12 випадках (31,58%), засипання і замулення вище колекторної відвідної труби зафіксовано в 15 випадках (39,47%). Відшарування і лушення бетону спостерігається у 10 колодязях (26,32%), тріщини в залізобетонних елементах спостерігалися в 10 випадках (26,32%). В 17 випадках зафіксовано тріщини матеріалу шва, а в 7 випадках – випадання швів (44,74% і 18,42%).

Проведені повторні натурні обстеження 2011 року показали, що експлуатаційні роботи на дренажних колодязях не проводилися, колодязі, що були в стані відмови, не відновлені, не були усунені пошкодження, не проведено очищення.

На основі даних [3], а також в результаті аналізу результатів повторних обстежень нами було побудовано гістограму порівняльних співставлень видів пошкоджень оглядових колодязів осушувальної системи «Головинська» відповідно на 2000, 2004 та 2011 роки (див. рис. 2).

На основі якісного аналізу був здійснений кількісний аналіз надійності.

Згідно результатів досліджень [3] встановлено, що надійність дренажних колодязів змінюється за експоненціальним законом розподілу.

Було продовжено варіаційний ряд випадкової величини тих же самих елементів, що досліджувались нами 7 років тому.

Варіаційний ряд напрацювання на відмову дренажних колодязів (в роках) такий: 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 27, 31, 31, 31, 38, 38. Загальне число відмов $n=15$ шт.

Для кількісного аналізу достовірності даної статистичної інформації використане правило „трьох сигм” [4, 5], згідно якого результат не беруть для подальшого аналізу, якщо відхилення

$$(x_i - \bar{x}) > \delta_x, \quad (1)$$

де x_i – сумнівне значення випадкової величини x ;

\bar{x} , δ_x – відповідно середнє значення та середнє квадратичне відхилення випадкової величини x .

В нашому випадку в якості випадкової величини виступає напрацювання на відмову МТВФ. Середнє напрацювання на відмову \overline{MTBF} та його середнє квадратичне відхилення σ_{MTBF} визначаються за формулами:

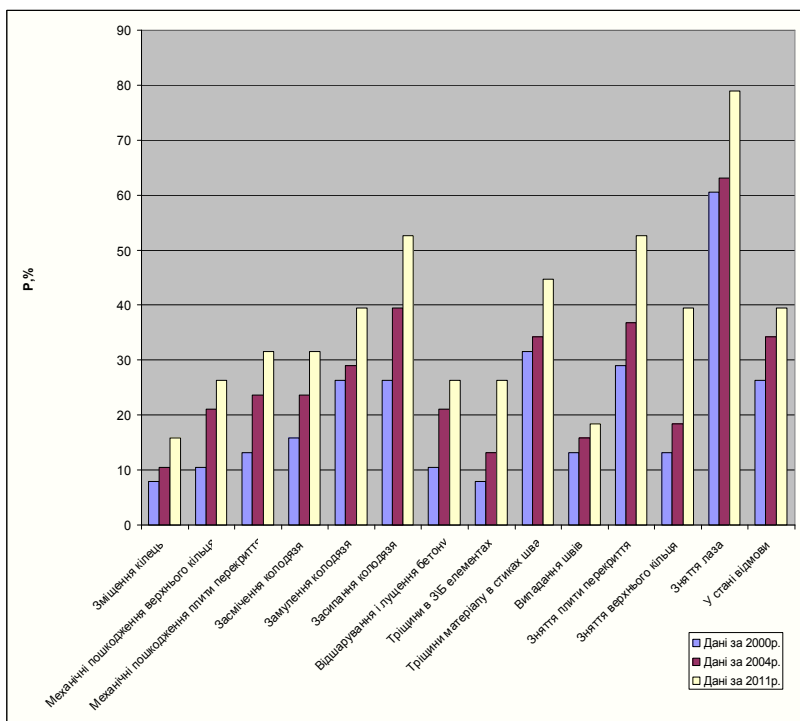


Рис. 2. Гістограма порівняльних співставлень видів пошкоджень оглядових колодезів для 2000, 2004 та 2011 рр. від їх загальної кількості

$$\overline{MTBF} = \frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^r MTBF_i, \quad (2)$$

$$\sigma_{MTBF} = \sqrt{\frac{1}{r-1} \cdot \sum_{i=1}^r (MTBF_i - \overline{MTBF})^2}, \quad (3)$$

Допускаємо, що сумнівними можуть бути значення напрацювання на відмову $MTBF_{\min} = 27$ р. та $MTBF_{\max} = 38$ р.

За формулами (2) та (3) визначасмо відповідно \overline{MTBF} і $\sigma_{MTBF} = 3,9$ р.

$$\overline{MTBF} = \frac{1}{15} \cdot (27 \cdot 10 + 31 \cdot 3 + 38 \cdot 2) = 29,3 \text{ р.}$$

$$\sigma_{MTBF} = \sqrt{10 \cdot (27 - 29,3)^2 + 3 \cdot (31 - 29,3)^2 + 2 \cdot (38 - 29,3)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{15-1}} = 3,9.$$

Тоді згідно формули (1) визначаємо:

$$/MTBF_{\min} - \overline{MTBF} / = /27 - 29,3 / = 2,3 \langle 3\sigma_{MTBF} = 3 \cdot 3,9 = 11,7 \text{ р.}$$

$$/MTBF_{\max} - \overline{MTBF} / = /38 - 29,3 / = 8,7 \langle 3\sigma_{MTBF} = 3 \cdot 3,9 = 11,7 \text{ р.}$$

Отже, значення $MTBF_{\min} = 27$ р. та $MTBF_{\max} = 38$ р. відносяться до вибірки варіаційного ряду і їх потрібно враховувати при встановленні теоретичного розподілу надійності дренажних колодязів.

Значення емпіричної функції розподілу випадкової величини відмов в точках визначаємо за формулою:

$$F_e(MTBF_i) = \frac{A_i}{r + 1}, \quad (4)$$

де r – загальна кількість відмов колодязів;

A_i – накопичена частота.

В нашому випадку:

$$A_i = \sum_{i=1}^k r_i, \quad (5)$$

де r_i – частоти величин $MTBF_i$ у зростаючому варіаційному ряді;

k – порядковий номер величин $MTBF_i$ у зростаючому варіаційному ряді.

Нанесення точок емпіричної функції розподілу на імовірнісні сітки показало, що найкращим варіантом в нашому випадку є експоненціальний розподіл. Результати розрахунків наведено в таблиці.

Таблиця

Розрахункові дані для визначення теоретичного закону розподілу надійності дренажних колодязів

№ п/п	МТТВ, роки	R_i	A_i	$F_e(MTBF)$	$F_t(MTBF)$	D_m
1	27	10	10	0,625	0,630	0,005
2	31	3	13	0,812	0,823	0,011
3	38	2	15	0,94	0,935	0,005
Разом		15				

Апроксимацію дослідних даних було оцінено за критерієм Колмогорова, це також підтвердило, що дослідні дані не суперечать експоненціальному розподілу.

З таблиці видно, що максимальна різниця між емпіричною та теоретичною функціями розподілу $D_{max} = 0,01$ спостерігається при $MTBF^k = 31$ р.

При рівні значимості $\alpha = 0,01$ та при кількості випадкових величин

$r < 50$ критичне значення складає $A(15;0,01) = 0,404$. Порівняння статистичного значення $D_{\max} = 0,01$ та критичного значення $A=0,404$ показало, що $D_{\max}(0,01) < A(0,404)$. Це підтверджує, що дослідні дані не суперечать експоненціальному розподілу.

Нижню та верхню межу для середнього наробітку на відмову \overline{MTBF}^k визначаємо за формулами:

$$MTBF_n^k = n_n \overline{MTBF}^k, \quad (6)$$

$$MTBF_e^k = n_e \overline{MTBF}^k, \quad (7)$$

де n_n, n_e – табличні коефіцієнти відповідно верхньої та нижньої межі при довірчій імовірності $q = 0,99$ і $r = 15$.

Нижнє та верхнє значення наробітку на відмову оглядового колодязя при середньому наробітку на відмову $\overline{MTBF}^k = 29,3$ років та коефіцієнтів $n_n = 0,59$ і $n_e = 2,01$ [4] дорівнюють:

$$MTBF_n^k = 0,59 \cdot 29,3 = 17,29 \text{ р.};$$

$$MTBF_e^k = 2,01 \cdot 29,3 = 58,89 \text{ р.}$$

Середня інтенсивність відмов оглядового колодязя дорівнює:

$$\bar{\lambda}^k = 1/29,3 = 0,0341 \text{ р}^{-1}.$$

Нижнє і верхнє значення інтенсивності відмов дренажного колодязя дорівнюють:

$$\lambda_n^k = 1/MTBF_n^k = 1/17,29 = 0,0578 \text{ р}^{-1};$$

$$\lambda_e^k = 1/MTBF_e^k = 1/58,89 = 0,0169 \text{ р}^{-1}.$$

Підсумовуючи викладене у статті, можна зробити висновок, що запропонована методика розрахунку надійності дренажних колодязів дієва в умовах експлуатації, що дозволяє прогнозувати динаміку їх працездатності в часі.

1. Кузьмич Л. В. Підвищення надійності та удосконалення елементів закритої мережі осушувальної системи (в умовах Західного Полісся) : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / Кузьмич Л. В. – Київ, 2006. – 18 с.
2. Гурін В. А. Експлуатаційно-функціональна оцінка надійності роботи оглядових колодязів осушувальних систем / Гурін В. А., Кузьмич Л. В. // Вісник РДТУ: збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Випуск 3(16). – С. 31-38.
3. Кузьмич Л. В. Прогнозування надійності роботи оглядового колодязя на осушувальній системі / Кузьмич Л. В. // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Випуск 27. – С. 89-97.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Вентцель Е. С. – М. : Наука, 1969. –

576 с. 5. Надійність споруд гідромеліоративних систем : навч.посібник / І. І. Науменко. – К. : ІСДО, 1994. – 424 с.

Рецензент: д.т.н., професор Гурин В. А. (НУВГП)

Kuzmych L. V., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

**EVALUATION RELIABILITY OF A CLOSED NETWORK OF
DRAINAGE SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE DRAINAGE
SYSTEM " HOLOVINSKA" KOSTOPIL DISTRICTS OF RIVNE
REGION**

The results of field examinations of closed drainage network system elements are produced, the main types of damages are established, the analysis of damages is done and the act of reliability distribution of drainage network system elements is established in order to prognosticate their operation.

Keywords: reliability, drain well, damage waiver, performance.

Кузьмич Л. В., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАКРЫТОЙ СЕТИ
ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ «ГОЛОВИНСКАЯ» КОСТОПОЛЬСКОГО РАЙОНА
РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Приведены результаты натурных обследований элементов закрытой сети осушительной системы, установлены основные виды повреждений, осуществлено их количественный анализ и установлен закон распределения надежности элементов во времени с целью прогнозирования их работоспособности

Ключевые слова: надежность, дренажный колодец, повреждения, отказ, работоспособность.
