

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Технічний сервіс та системи в АПК»

НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Методичні вказівки до практичної роботи №8
на тему: «Визначення показників надійності технологічної
системи водопостачання та напування тваринницької
ферми»
для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
спеціальності 208 «Агроінженерія»

Надійність технологічних систем. Методичні вказівки до практичної роботи №8 для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія» - Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2019. – 24 с.

Розробник:

доцент Болтянська Н.І.

Рецензент:

доцент Паніна В.В.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри Технічний сервіс та системи в АПК, протокол № від 2019 р.

Розглянуто і рекомендовано до впровадження в навчальний процес метод. комісією факультету МТ, протокол № від 2019 р.

Практична роботи №8

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА НАПУВАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

МЕТА РОБОТИ - визначити показники надійності технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми.

1 ВКАЗІВКИ З САМОПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки (Додаток А)

Вивчити:

- комплексні показники надійності.

Скласти звіт по роботі:

- номер, найменування та мета роботи;
- комплексні показники надійності;
- показники, що характеризують загальну технічну досконалість конструкції машини та пристосованість конструкції машини до профілактичних і відновлюваних робіт.

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Комплексні показники надійності.

1.2.2 Показники, які характеризують загальну технічну досконалість конструкції машини.

1.2.3 Показники, які характеризують пристосованість конструкції машини до профілактичних і відновлюваних робіт.

1.2.4 Найважливіші показники стандартизації.

1.2 Рекомендована література

1. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення: ДСТУ 2470-94. - К.: Держстандарт України, 1995. – 28 с.

2. Канарчук В.С. Надійність машин: Підручник. / В.С. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв – Либідь, 2003 – 424 с.

3.Зенкін М.А. Методи підвищення надійності та довговічності деталей та вузлів машин легкої промисловості: Підручник. / М.А. Зенкін, Б.Ф. Піпа – К.: КНУДТД, 2004 -264с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма робіт

2.1.1 Вивчити:

- основні показники надійності;
- фази закономірностей зміни інтенсивності відмов;
- структурну надійність ТС.

2.1.2 Ознайомитись:

- з класифікацією потоку відмов.

2.1.3 Провести розрахунок

- показників надійності технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми.

Скласти звіт та захистити роботу.

2.2 Теоретичні відомості

2.2.1 Надійність елементів технологічної системи

Надійність системи залежить від надійності її елементів. Елемент - це частина системи, надійність якої вивчається незалежно від надійності складових його частин.

Для характеристики надійності елементів потрібно встановити спостереження за їхньою роботою. Спостереження починається від моменту $t = 0$ (тобто моменту пуску установки, продажу виробу) до закінчення строку їхнього функціонування. У процесі функціонування елементів час від часу відбуваються відмови. Статистична обробка даних про відмови дозволяє визначити показники надійності.

Основні показники надійності:

Інтенсивність відмов - це ймовірність того, що елемент, який раніше проробив безвідмовно до моменту t , відмовить у відрізку $(t + \Delta t)$ за умови, що Δt досить малий

$$(1) \quad \lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t < \varphi_1 < t + \Delta t / \varphi_1 > t)}{\Delta t} = \frac{p(t < \varphi_1 < t + dt / \varphi_1 > t)}{dt},$$

де φ_1 - випадковий інтервал часу до першої відмови.

Іншими словами, $\lambda(t)$ - це умовна ймовірність відмови після t за одиницю часу Δt за умови, що до моменту t відмови не було. Ста-

статистична інтенсивність відмов визначається як відношення числа елементів $n(t, \Delta t)$, що відмовили саме в інтервалі $(t, t + \Delta t)$ до числа елементів $N(t)$, справних до моменту t

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(t)\Delta t}. \quad (2)$$

Відомо, що Δt повинне бути досить малим, а $n(t, t + \Delta t)$ - великим.

Імовірність безвідмовної роботи, тобто ймовірність того, що час безвідмовної роботи буде більше часу t

$$R(t) = p(\varphi_1 > t). \quad (3)$$

Статистично $R(t)$ визначається як відношення числа елементів $N(t)$, що безвідмовно проробили до моменту t , до первісного числа спостережуваних елементів $N(0)$

$$\hat{R}(t) = \frac{N(t)}{N(0)}. \quad (4)$$

Імовірність відмови, тобто ймовірність того, що відмова настане до моменту t

$$F(t) = p(\varphi_1 < t). \quad (5)$$

Статистично $F(t)$ є відношенням елементів $n(t)$, що відмовили до моменту t , до первісного числа спостережуваних елементів $N(0)$

$$\hat{F}(t) = \frac{n(t)}{N(0)}. \quad (6)$$

Щільність імовірності відмови - похідна величина від імовірності відмови. Означає ймовірність того, що відмова елемента відбудеться за одиницю часу $(t, t + \Delta t)$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = p(t \langle \varphi_1 \langle t + \Delta t \rangle). \quad (7)$$

Статистично $f(t)$ визначається як відношення числа елементів $n(t, \Delta t)$, що відмовили за інтервал Δt часу, до первісного числа спостережуваних елементів

$$\hat{f}(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(0) \Delta t}. \quad (8)$$

Середній час безвідмовної роботи

$$T = M(\varphi) = \int_0^{\infty} R(t) dt. \quad (9)$$

Статистично T є відношенням часу роботи елемента до математичного очікування числа його відмов протягом цього часу.

Параметр потоку відмов елемента

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{p(t, t + dt)}{dt}. \quad (10)$$

Статистично параметр потоку відмов визначається відношенням числа елементів n , що відмовили в інтервалі $(t, t + \Delta t)$, до числа елементів, які перебувають під спостереженням $N(t)$, за умови, що всі елементи, які вийшли з ладу, замінюються працездатними

$$\hat{\omega}(t) = \frac{n(t, t + \Delta t)}{N(t)}. \quad (11)$$

Імовірність відновлення елемента за заданий час, тобто ймовірність того, що час відновлення менше заданого

$$G(t) = p(\varphi_B < t), \quad (12)$$

де φ_B - випадковий інтервал часу від початку до закінчення відновлення.

Статистично $G(t)$ визначається як відношення числа випадків $m(t)$, коли відновлення елемента тривало менше інтервалу t , до загального числа спостережуваних випадків відновлення $M(0)$

$$\hat{G}(t) = \frac{m(t)}{M(0)}. \quad (13)$$

Середній час відновлення або математичне очікування часу відновлення

$$\tau = M(\varphi_B) = \int_0^{\infty} G(t) dt. \quad (14)$$

Статистично τ - сумарний час відновлення, зафіксований за M випадків відновлення, віднесений до кількості цих випадків

$$\hat{\tau} = \sum_{i=1}^M \frac{\varphi_{B_i}}{m}. \quad (15)$$

Інтенсивність відновлення - аналогічно інтенсивності відмов подається як умовна ймовірність відновлення елемента за проміжок $(t, t+\Delta t)$ за умови, що до цього моменту він відновлений не був

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t < \varphi_B < t + \Delta t / \varphi_B > t)}{\Delta t} = \frac{p(t < \varphi_B < t + dt / \varphi_B > t)}{dt},$$

$$\hat{\mu}(t) = \frac{m(t, \Delta t)}{M(t) \Delta t}. \quad (16)$$

Коефіцієнт готовності K_{Γ} визначає ймовірність знаходження елемента в працездатному стані в сталому режимі. Для будь-яких законів розподілу

$$K_{\Gamma} = \frac{T}{(T+\tau)}. \quad (17)$$

Коефіцієнт простою $K_{\text{пр}}$ визначає ймовірність того, що в сталому режимі в довільний момент часу елемент буде непрацездатний.

Очевидно, що

$$K_{\text{пр}} = 1 - K_{\Gamma} = \frac{\tau}{(T+\tau)}. \quad (18)$$

Коефіцієнт технічного використання обчислюють за формулою

$$K_{\text{ТВ}} = \frac{T}{(T + \tau + \eta)}, \quad (19)$$

де η - математичне очікування часу знаходження елемента у відключеному стані для виробництва профілактичних робіт.

Коефіцієнт оперативної готовності являє собою ймовірність безвідмовної роботи елемента протягом заданого часу роботи (t , Δt) у період нормального функціонування за умови, що до цього моменту елемент не відмовив

$$K_{\text{ОГ}} = K_{\Gamma} R(t). \quad (20)$$

На основі аналізу великої кількості статистичних даних про відмови елементів ТС доведено, що можна виділити **три фази з різними закономірностями зміни інтенсивності відмов**.

Перша фаза - відмови припрацювання. Відмови в цей період відбуваються при невідповідності параметрів елементів умовам функціонування - навантаженню, напрузі. На цій стадії в основному виявляються дефекти проектування, спорудження, монтажу. В міру їхнього усунення інтенсивність відмов падає. На цій фазі $\lambda(t)$ описується розподілом Вейбулла або гамма-розподілом.

Друга фаза - нормальний період роботи елемента. На елемент впливають випадкові фактори й відмови відбуваються в основному за рахунок перевищення розрахункових значень факторів, що впливають. У цей період функція не залежить від часу початку спостереження й описується експоненціальним розподілом.

Третя фаза - старіння елемента. Внаслідок зношеності, втоми, тобто зміни внутрішньої структури елемента в результаті необоротних фізико-хімічних процесів, число відмов збільшується навіть при нормальній експлуатації. Умови, в яких працює елемент (агресивне середовище, підвищена вологість, механічні й електричні впливи), можуть прискорити процес старіння. Довговічність роботи елементів можна збільшити (тобто віддалити третю фазу) за рахунок заходів з захисту від впливів навколишнього середовища, охолодження, організації системи обслуговування.

Розглянемо процес функціонування елементів (рис.1).

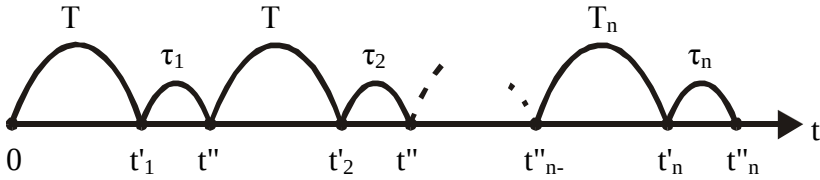


Рис. 1. Процес функціонування елемента

Елемент, проробивши випадковий час T_1 , відмовляє й потім відновлюється протягом τ_1 . Після відновлення він функціонує знову й, проробивши якийсь час T_2 , знову виходить із ладу, відновлюється за час τ_2 і т.д.

Моменти часу:

$$t'_1 = T_1,$$

$$t'_2 = T_1 + \tau_1 + T_2,$$

...

$$t'_n = T_1 + \tau_1 + T_2 + \dots + \tau_{n-1} + T_n$$

називають відмовами елементів. Відмови елементів у часі утворюють потік відмов.

2.2.2 Класифікація потоку відмов

Потік називається *стаціонарним*, якщо ймовірність появи подій на інтервалі $\Theta_k(t, t + \Delta t)$ залежить тільки від Θ_k і не залежить від T , тобто стаціонарність означає, що ймовірність відмови для будь-якого інтервалу часу залежить тільки від його довжини, але не від моменту початку цього відрізка на осі часу.

Потік називається *ординарним*, якщо ймовірність сполучення двох і більше подій у той самий момент часу дуже мала

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=2} p_i(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = 0, \quad (21)$$

де $p_i(t, t + \Delta t)$ - імовірність відмов (двох і більше) елементів за час від t до $t + \Delta t$.

Тобто ординарність потоку відмов означає, що в момент часу Δt не може бути більше однієї відмови.

Потік подій називається *поток* без післядії, якщо для будь-яких непересічних інтервалів часу кількість подій, що попадають в один з них, не залежить від кількості подій, що попадають в інші інтервали. Відсутність післядії означає, що ймовірність настання n відмов за відрізок Δt не залежить від того, скільки було відмов і як вони були розподілені в часі, тобто всі відмови є незалежними подіями.

Фактично небезпека відмови елемента з його «віком» збільшується (нестационарність процесу). Порушується й властивість ординарності. Однак дослідження показали, що не буде великої помилки в інженерних розрахунках, якщо прийняти, що ці умови справедливі. Потік відмов, що задовольняє властивостям стаціонарності, відсутності післядії й ординарності, називають *найпростішим потоком*.

Допускається, що властивості найпростішого потоку відмов мають елементи, що перебувають у нормальному періоді роботи й мають достатній резерв з потужності.

При найпростішому потоці відмов параметр потоку й інтенсивність відмов не залежать від часу й рівні між собою

$$\omega(t) = \lambda(t) = \omega = \lambda = \text{const.} \quad (22)$$

У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи елемента описується експоненціальним законом розподілу.

Експоненціальний розподіл визначається одним параметром - інтенсивністю відмов λ , а показники надійності рівні:

- імовірність безвідмовної роботи в інтервалі від 0 до t

$$R(t) = e^{-\lambda t}; \quad (23)$$

- імовірність відмови

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad (24)$$

- щільність імовірності відмови

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}; \quad (25)$$

- середній час безвідмовної роботи

$$T = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) dt = \frac{1}{\lambda}; \quad (26)$$

- інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{\int_0^{\infty} f(x) dx} = \frac{f(x)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda. \quad (27)$$

Останній вираз припускає, що устаткування, в якого час безвідмовної роботи має експоненціальний розподіл, не старіє. Якщо об'єкт почав функціонувати в нескінченно віддалений момент часу в минулому, то кількість відмов в інтервалі $[0, t]$ залежить лише від його довжини, тобто розглядається стаціонарний стан.

Як параметр експоненціального розподілу відновлення використовується інтенсивність відновлення μ .

Імовірність відновлення елемента за час від 0 до t

$$G(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (28)$$

середній час відновлення

$$\tau = \frac{1}{\mu}. \quad (29)$$

Для інженерних розрахунків надійності в ТС харчових виробництв приймається, що час безвідмовної роботи T и час відновлення t розподіляються за експоненціальним законом.

2.2.3 Структурна надійність ТС

Розглянемо ТС як якусь абстрактну структуру поза залежністю від її фізичної природи, але яка має наступні закономірності:

- структура має вхід і вихід;
- показники надійності структури визначаються на вході;
- елементи перебувають тільки у двох станах - працездатному й непрацездатному;
- відмови елементів розглядаються як незалежні події;
- потоки відмов і відновлення елементів є найпростішими потоками подій;
- пропускну здатність елементів не є обмеженою.

Послідовним з'єднанням називається така структура, відмова якої настає при виході з ладу хоча б одного елемента, тобто послідовна структура працездатна, якщо всі її елементи працездатні.

Нехай подія X_i означає, що i -й елемент послідовної структури працездатний, а $\bar{X}_i$ - зворотна подія. Тоді структура, що складається з n послідовно з'єднаних елементів, працездатна, якщо $X_1, X_2, \dots, X_n$ працездатні.

Оскільки події X_i є незалежними, за законом добутку ймовірностей ймовірність того, що послідовна структура працездатна, обчислимо за формулою

$$P(X_1 \wedge X_2 \wedge \dots \wedge X_n) = p(X_1) \cdot p(X_2) \cdot \dots \cdot p(X_n) = \prod_{i=1}^n p(X_i), \quad (30)$$

а ймовірність безвідмовної роботи

$$R_c(t) = R_1(t)R_2(t)\dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t), \quad (31)$$

або ймовірність відмови

$$F_c(t) = 1 - R_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^n R_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i(t)). \quad (32)$$

Оскільки $R_i(t) \leq 1$, то

$$R_c(t) \leq R_i(t) \text{ й } F_c(t) \geq F_i(t). \quad (33)$$

Оскільки

$$R_i(t) = e^{-t \int_0^t \lambda_i(x) dx}, \quad (34)$$

то

$$R_c(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i(t)}, \quad (35)$$

$$F_c = 1 - e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i(t)}. \quad (36)$$

Для випадку $\lambda(t) = \lambda = \omega$

$$R_c = e^{-t \sum_{i=1}^n \omega_i} \text{ й } F_c = 1 - e^{-t \sum_{i=1}^n \omega_i}. \quad (37)$$

Тоді частота відмов структури

$$\omega_c = \sum_{i=1}^n \omega_i . \quad (38)$$

Середній час безвідмовної роботи

$$T_c = \frac{1}{\omega_c} . \quad (39)$$

Середній час відновлення

$$\tau_c = \frac{1}{\omega_c^{-1}} \sum_{i=1}^n \omega_i \tau_i \quad (40)$$

є математичним очікуванням часу відновлення, зваженим за частотою відмов n послідовно з'єднаних елементів.

Паралельним з'єднанням називається структура, відмова якої настає при відмові всіх елементів, що входять у структуру.

Паралельну структуру називають ще надлишковою або резервованою структурою, оскільки вона містить елементів більше, ніж це необхідно для її нормального функціонування. При відмові одного або декількох елементів функція структури виконується елементами, що залишилися в роботі.

Відмова паралельної структури припускає, що всі m елементів перебувають у стані простою

$$P(\overline{X_1} \wedge \overline{X_2} \wedge \dots \wedge \overline{X_m}) = P(X_1) \cdot P(X_2) \cdot \dots \cdot P(X_m) = \prod_{j=1}^m p(\overline{X_j}) . \quad (41)$$

Імовірність відмови

$$F_c(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_m(t) = \prod_{j=1}^m F_j(t) . \quad (42)$$

Імовірність безвідмовної роботи

$$R_c(t) = 1 - F_c(t) = 1 - \prod_{j=1}^m F_j(t) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - R_j(t)) . \quad (43)$$

Оскільки $F_j(t) \leq 1$, то $F_c(t) \leq F_j(t)$, $R_c(t) \geq R_j(t)$.

У загальному випадку для структури, що складається з m паралельно з'єднаних елементів, частота відмов

$$\omega_c = \prod_{j=1}^n \omega_j \tau_j \sum_{j=1}^m \frac{1}{\tau_j}, \quad (44)$$

або

$$\omega_c = 8760^{1-m} \prod_{j=1}^m \omega_j \tau_j \sum_{j=1}^m \frac{1}{\tau_j} \text{ 1/рік.} \quad (45)$$

Середній час відновлення

$$\tau_c = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\tau_j}}. \quad (46)$$

Для системи з рівнонадійними елементами

$$\omega_c = m \omega^m \tau^{m-1}, \quad (47)$$

$$\tau_c = m^{-1} \tau. \quad (48)$$

Приклад розв'язання задачі

Задача

Визначити показники надійності ТС водопостачання та напування тваринницької ферми, що складається з послідовно з'єднаних елементів: водозабірною пристрою, насосної станції, очисної споруди, напірно-регулюючої споруди, зовнішнього та внутрішнього водопроводу. Елементи мають відповідні частоту відмов і середній час відновлення:

$$\omega_1 = 0.5 \text{ 1/рік} \quad \tau = 16.0 \text{ год.}$$

$$\omega_2 = 0.32 \text{ 1/рік} \quad \tau = 8.0 \text{ год.}$$

$$\omega_3 = 0.3 \text{ 1/рік} \quad \tau = 6.0 \text{ год.}$$

$$\omega_4 = 0.64 \text{ 1/рік} \quad \tau = 12.0 \text{ год.}$$

$$\omega_5 = 0.001 \text{ 1/рік} \quad \tau = 15.0 \text{ год.}$$

Розв'язання.

Характеристика основних джерел водопостачання тваринницьких ферм

Для водопостачання тваринницьких ферм можуть бути використані відкриті (поверхневі) джерела, до яких належать річки, озера, водоймища, канали тощо, а також підземні води, що діляться на безнапірні та напірні.

Підземні води в свою чергу поділяються на ґрунтові і міжпластові. Ґрунтові води, розміщуються над першим водонепроникним шаром, який характеризується відсутністю напору, постійним коливанням рівня, можливістю забруднення різними речовинами. Міжпластові води залягають між двома водонепроникними шарами (напірні і артезіанські).

Підземні води чистіші за поверхневі і мають відносно постійну температуру. Просочуючись крізь водонепроникні шари, атмосферна вода звільняється від зважених частинок і мікроорганізмів, збагачується мінеральними солями, мікроелементами та вуглекислотою і в результаті цього отримує високі споживчі якості.

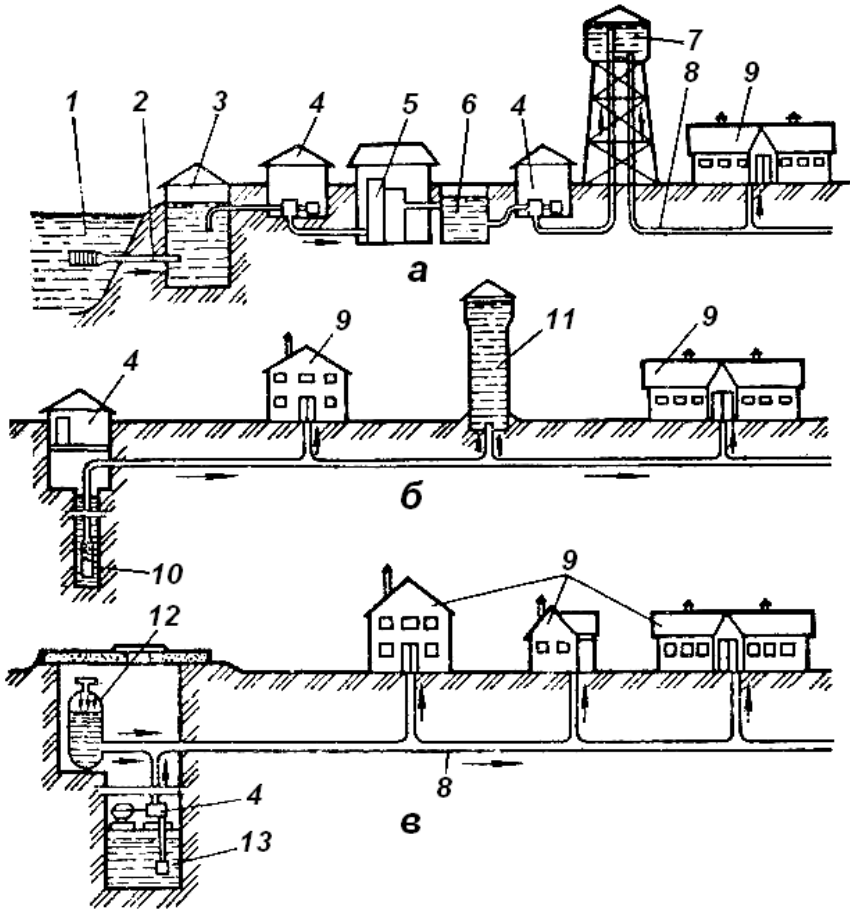
Для забору води із поверхневих джерел використовують спеціальні пристрої та споруди – берегові або руслові. Їх розміщують по течії річки обов'язково вище населених пунктів і виробничих об'єктів.

Воду із підземних джерел використовують через шахтні або трубочасті колодязі (бурові свердловини).

За конструкцією робочої частини фільтри діляться на сітчасті, дротяні, щілинні і гравійні. Якщо водоносний шар складається з твердих порід з щілинами, то фільтри не встановлюються і вода надходить безпосередньо із свердловини.

Система водопостачання – це комплекс елементів для забирання, обробки до необхідної якості, доставки і розподілу води між споживачами. Структура та взаємне розміщення окремих елементів системи водопостачання залежать від її призначення, місцевих природних умов і санітарних вимог до води. Схема водопостачання значною мірою визначається вибором джерела води (рис. 2).

Система механізованого водопостачання включає джерело, а також комплекс машин і обладнання. Залежно від організації водопостачання механізовані системи цього призначення бувають централізовані, децентралізовані і змішані або комбіновані.



а – з відкритої водойми; б, в – відповідно – із трубчастого та шахтного колодязів; 1 – водойма; 2 – водоприймальний пристрій; 3 – береговий колодязь; 4 – насосна станція; 5 – водоочисна споруда; 6 – резервуар очищеної води; 7 – водонапірний бак; 8 – водопровідна мережа; 9 – об'єкти споживання води; 10 – буровий колодязь; 11 – водонапірна башта; 12 – повітряно-водяний бак; 13 – шахтовий колодязь

Рис. 2. Схеми водопостачання при забиранні води

За централізованого водопостачання всі споживачі господарства чи підприємства обслуговуються однією мережею.

При децентралізованому водопостачанні обслуговування кожного об'єкту даного господарства здійснюється від окремого водопроводу. В разі обслуговування частини об'єктів водопостачання централізовано, а інших – децентралізовано, система водопостачання буде змішаною.

Механізоване водопостачання підприємств сільськогосподарського виробництва часто буває централізованим. При цьому ферми користуються від загальної мережі водозабезпечення. Така система є найбільш економічною.

Проте в ряді випадків на фермах встановлюють окремі водокачки з автономним джерелом і обладнують децентралізовані системи водопостачання. Таке рішення може бути викликане, наприклад, значною віддаленістю ферми від центральної садиби господарства.

Комбіновані варіанти можливі у випадках, коли питну воду отримують з загального водопроводу, а для технічних потреб використовують окремі місцеві джерела, воду з яких неможливо використовувати для напування худоби та інших технологічних потреб із-за її низької якості.

У загальному вигляді схема системи механізованого водопостачання включає такі елементи: джерело води, водозабірні пристрої, насосну станцію, очисні споруди, напірно-регулюючу споруду, зовнішній та внутрішній водопровід і розбірні пристрої.

Джерелами водопостачання ферм можуть бути бурові свердловини (трубчасті колодязі), шахтові колодязі та відкриті водойми.

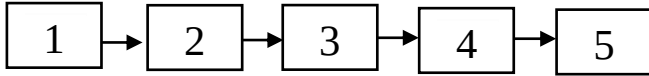
Бурові свердловини використовують води глибинних потужних водоносних горизонтів, які надійно захищені від бактеріального забруднення. Вода в них характеризується сталістю якісних показників та температури, тому вони широко застосовуються для механізованого водопостачання тваринницьких підприємств, незважаючи на значні витрати на їх спорудження.

Шахові колодязі використовують для забору ґрунтових вод, які залягають на глибині 30 – 40 м. Їх вода потребує постійного контролю якості.

Відкриті джерела (ставки, річки) легко піддаються бактеріальному забрудненню, а їх очищення потребує значних капіталовкладень. Поверхневі та ґрунтові води (шахових колодязів, відкритих водойм) для механізованого водопостачання ферм застосовуються дуже рідко.

Вода для тваринницьких підприємств, як і для населених пунктів, повинна відповідати вимогам державного стандарту на питну воду. Якість оцінюється за фізичними, хімічними і бактеріологічними характеристиками.

Згідно технології водопостачання та напування тваринницької ферми, складемо структурну схему технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми (рис. 3).



1 – водозабірний пристрій, 2 – насосна станція,
3 – очисна споруда, 4 – напірно-регулююча споруда,
5 – водопровід

Рис. 3. Структурна схема технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми

Розв’язання.

Частота відмов

$$\omega_c = \sum_{i=1}^5 \omega_i = 0.5 + 0.32 + 0.3 + 0.64 + 0.001 = 1.761 \text{ 1/рік.}$$

Середній час відновлення, год.

$$\tau_c = \frac{1}{\omega_c} \sum_{i=1}^5 \omega_i \tau_i =$$

$$= \frac{1}{1.761} (0.5 \cdot 16 + 0.32 \cdot 8 + 0.3 \cdot 6 + 0.64 \cdot 12.5 + 0.001 \cdot 15) = 11.57$$

Середній час безвідмовної роботи

$$T_c = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{1.761} = 0.568 \text{ років,}$$

або

$$T_c = 0.568 \cdot 8760 = 4974 \text{ год.}$$

Імовірність відмови системи за $t=1$ рік

$$F_c(1) = 1 - e^{-\omega_c t} = 1 - e^{-1.761 \cdot 1} = 1 - 0.172 = 0.83.$$

2.3 Вихідні данні для виконання роботи

Визначити показники надійності ТС водопостачання та напування тваринницької ферми, що складається з послідовно з'єднаних елементів: водозабірною пристрою, насосної станції, очисної споруди, напірно-регулюючої споруди, зовнішнього та внутрішнього водопроводу. Елементи мають відповідні частоту відмов і середній час відновлення:

$\omega_1 = 0,4$ 1/рік	$\tau_1 = 15,0$ год.
$\omega_2 = 0,35$ 1/рік	$\tau_2 = 7,0$ год.
$\omega_3 = 0,28$ 1/рік	$\tau_3 = 5,0$ год.
$\omega_4 = 0,65$ 1/рік	$\tau_4 = 11,0$ год.
$\omega_5 = 0,005$ 1/рік	$\tau_5 = 16,0$ год.

2.4 Хід проведення

2.4.1 Перевірка викладачем самостійної підготовки студентів до практичної роботи (наявність письмових відповідей на надані питання).

2.4.2 Викладач знайомить студентів з метою, змістом даної роботи та вимогами до захисту.

2.4.3 Вивчити комплексні показники надійності, фази закономірностей зміни інтенсивності відмов, структурну надійність ТС.

2.4.4 Провести розрахунок показників надійності технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми.

2.4.5 Самостійне опрацювання студентами теоретичних відомостей з даної теми та оформлення звіту.

2.4.6 Захист практичної роботи за допомогою тестів наприкінці заняття, при умові правильного оформлення звіту.

2.5 Після виконання роботи, студент складає звіт, який вміщує дані:

- 1 Найменування, номер та мету роботи.
- 2 Комплексні показники надійності.
- 3 Фази закономірностей зміни інтенсивності відмов.
- 4 Структурну надійність ТС.
- 5 Розрахунок показників надійності технологічної системи водопостачання та напування тваринницької ферми.

Пункти 1-4 студент виконує самостійно, як підготовку до практичної роботи.

2.6 Контрольні запитання

2.6.1 Комплексні показники надійності.

2.6.2 Критерії граничного стану деталей обладнання.

2.6.3 Фази закономірностей зміни інтенсивності відмов.

2.6.4 Структурна надійність ТС.

2.6.5 Показники, що характеризують загальну технічну досконалість конструкції машини.

2.6.6 Показники, що характеризують пристосованість конструкції машини до профілактичних і відновлюваних робіт.

ДОДАТОК А

(довідковий)

А.1 Комплексні показники надійності

Комплексні показники надійності, на відміну від одиничних, характеризують одночасно кілька властивостей машини.

Коефіцієнт готовності – ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачається.

Коефіцієнт технічного використання – відношення математичного сподівання часу перебування об'єкта в працездатному стані за певний період експлуатації до суми математичних сподівань часу перебування об'єкта в працездатному стані; часу простоїв, обумовлених технічним обслуговуванням, і часу ремонту за той же період експлуатації.

Коефіцієнт технічного використання – узагальнений комплексний показник надійності і є ширшою характеристикою працездатності ніж коефіцієнт готовності, оскільки враховує всі простої, пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтом об'єкта.

Коефіцієнт оперативної готовності – ймовірність того, що об'єкт, перебуваючи у режимі очікування, буде працездатним у довільний момент часу, і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого інтервалу часу.

Режим очікування – це перебування об'єкта при повному або полегшеному навантаженні без виконання основних (робочих) функцій. При цьому можливо виникнення відмов, які повинні бути усунені з відновленням працездатності об'єкта для виконання необхідного завдання. Потрібно також, щоб у разі необхідності об'єкт був працездатним.

Цей коефіцієнт характеризує надійність техніки, призначеної для збирання врожаю, обладнання переробних виробництв, кормоприготувальних машин та ін.

До показників, які враховують сумарну і питому сумарну трудомісткість (вартість) технічного обслуговування і ремонту, і є **комплексними показниками надійності**, належать такі:

– середня сумарна трудомісткість технічного обслуговування – математичне сподівання сумарних затрат праці на проведення технічного обслуговування за певний період експлуатації;

– середня сумарна трудомісткість ремонту – математичне сподівання сумарних затрат праці на всі види ремонту об'єктів за певний період експлуатації;

– середня сумарна вартість технічного обслуговування (ремонту) – математичне сподівання сумарних витрат на проведення технічного обслуговування (на всі види ремонту) об'єкта за певний період експлуатації.

Для цих показників (разом з їх середніми значеннями) застосовують питомі величини, які визначають як відношення середніх сумарних величин до відповідного математичного сподівання сумарного напрацювання об'єкта за певний період експлуатації.

Важливими показниками є **коефіцієнт відновлення і коефіцієнт відновлення ресурсу**.

Показники експлуатаційної технологічності характеризують затрати праці, а також кошти на підготовку машин до експлуатації, на планові технічні обслуговування в процесі експлуатації, на роботи після експлуатації.

Показники ремонтної технологічності характеризують пристосованість конструкції об'єкта та його складових (деталей, складальних одиниць та ін.) до ремонтних робіт, які виконуються для відновлення їх працездатності на ремонтних підприємствах.

До цих показників відносять: середній час ремонту; ймовірність його закінчення у заданий час; середні абсолютні витрати на ремонт техніки певного виду; відносні витрати, віднесені до одиниці часу перебування машини в експлуатації (для деталей, складальних одиниць та ін.) або до одиниці виробленої продукції (машин та ін.). Додаткові показники ремонтпридатності у сполученні з основними дозволяють конкретизувати окремі вимоги до ремонтпридатності.

Показники, які характеризують загальну технічну досконалість конструкції машини, у тому числі й конструктивні рішення:

Коефіцієнт застосовності конструктивних елементів – відношення суми кількості найменувань типорозмірів стандартизованих, нормалізованих, запозичених та придбаних деталей та вузлів до загальної кількості найменувань конструктивних елементів об'єкта.

Коефіцієнт уніфікації визначає, яку частину використаних деталей об'єкта уніфіковано.

Коефіцієнт конструктивної послідовності – відношення кількості найменувань раніше освоєних складальних одиниць і деталей до загальної кількості найменувань конструктивних елементів об'єктів.

Послідовність значно спрощує організацію й технологію виготовлення машин і дає змогу раціональніше вирішувати питання їх експлуатації і ремонту.

Перераховані коефіцієнти належать до найважливіших показників стандартизації:

Коефіцієнт взаємозамінності – відношення кількості взаємозамінних елементів до загальної кількості конструктивних елементів машин. Раціональний рівень взаємозамінності конструктивних елементів у машині – важливий засіб зниження затрат праці й коштів при усуненні відмов.

Коефіцієнт кратності обслуговування та термінів служби конструктивних елементів – відношення відповідної кількості елементів машин періодичності обслуговувань і ремонту базового конструктивного елемента до загальної кількості найменувань конструктивних елементів. Дотримання вимог і кратності або рівної періодичності й строків служби елементів машини значно скорочує сумарний час простою машини та витрати на її обслуговування і ремонт.

Коефіцієнт загальної контролепридатності – відношення кількості конструктивних елементів, пристосованих до контролю різними способами технічного стану машини в процесі експлуатації, до загальної кількості елементів машини, контроль яких необхідний під час експлуатації.

Показники, які характеризують пристосованість конструкції машини до профілактичних і відновлюваних робіт:

Коефіцієнт зручності поз – відношення загальної кількості зручних поз при виконанні робіт до загальної кількості можливих поз.

Коефіцієнт доступності враховує сумарну трудомісткість базових робіт (підготовка машини, необхідні розбірно-складальні роботи тощо), які необхідно виконати при усуненні відмов і технічному обслуговуванні.