

17. С.В. Міненко, к.т.н., доцент, В.М. Савченко, к.т.н., доцент, Житомирський національний агроекологічний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ В ТЕПЛИЦІ

Для теплиці, враховуючи запропоноване технологічне обладнання [1,2] функціональна схема системи зрошення буде мати наступний вигляд (рис. 1).

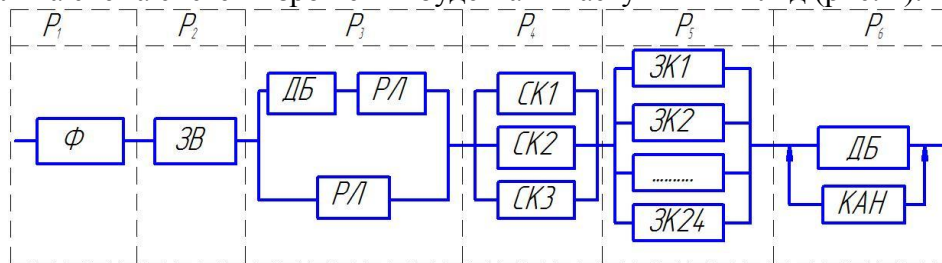


Рис. 1. Функціональна схема системи «прилив-відлив» для умов нашої теплиці:
 Φ – фільтрувальна установка, $ЗВ$ – зрошувальний вузол, $ДБ$ – дренажний басейн, $РЛ$ – розподільчі лінії, $СК_i$ – електромагнітні клапани, $ЗК_i$ – зрошувальні клапани, $КАН$ – каналізаційний канал.

Розглянувши функціональну схему системи зрошення теплиці визначимо ймовірність безвідмовної роботи системи. В загальному система складається з 6 підсистем, ймовірність безвідмовної роботи яких позначимо як $P_i(t)$ (де $i=1\dots 6$). Таким чином ймовірність безвідмовної роботи системи можна визначити за формулою:

$$P_{\text{сис}}(t) = \prod_{i=1}^6 P_i(t) \quad (1)$$

Розглянемо ймовірність безвідмовної роботи підсистеми ДР-РЛ та паралельне підключення РЛ:

$$P_3(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^2 P_i(t) \right]^{m+1} = 1 - [1 - P_{\text{ДР}}(t) \cdot P_{\text{РЛ}}^2(t)]^{m+1} \quad (2)$$

де m – число резервних ланцюгів, для підсистеми №3, $m = 1$.

Таким чином:

$$P_3(t) = 1 - [1 - P_{\text{ДР}}(t) \cdot P_{\text{РЛ}}^2(t)]^2 \quad (3)$$

Для підсистеми 4, ймовірність безвідмовної роботи має вигляд:

$$P_4(t) = 1 - [1 - P_{\text{СК}}(t)]^{m+1} \quad (4)$$

де m – число електромагнітних клапанів у підсистемі, $m = 3$.

Таким чином:

$$P_4(t) = 1 - [1 - P_{\text{СК}}(t)]^4 \quad (5)$$

Для підсистеми 5, ймовірність безвідмовної роботи має вигляд:

$$P_5(t) = 1 - [1 - P_{\text{ЗК}}(t)]^{m+1} \quad (6)$$

де m – число зрошувальних клапанів в системі зрошення, $m = 24$.

Таким чином:

$$P_5(t) = 1 - [1 - P_{\text{ЗК}}(t)]^{25} \quad (7)$$

Для підсистеми 6, ймовірність безвідмовної роботи дорівнює:

$$P_6(t) = P_{\text{ДБ}}(t) \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!} \quad (8)$$

де λ_0 – інтенсивність відмов дренажного басейна,

t – час роботи системи,

m – кількість резервуючих елементів, $m = 1$.

Таким чином:

$$P_6(t) = P_{\text{ДБ}}(t) \cdot \left(\frac{(\lambda_0 t)^0}{0!} + \frac{(\lambda_0 t)^1}{1!} \right) = P_{\text{ДБ}}(t) \cdot (1 + \lambda_0 t) \quad (9)$$

Враховуючи вище викладене, математична модель ймовірності безвідмовної роботи системи зрошення можна представити у вигляді:

$$P_{\text{сис}}(t) = P_{\text{Ф}}(t) \cdot P_{\text{ЗВ}}(t) \cdot \left(1 - [1 - P_{\text{ДР}}(t) \cdot P_{\text{РЛ}}^2(t)]^2 \right) \cdot (1 - [1 - P_{\text{СК}}(t)]^4) \cdot (1 - [1 - P_{\text{ЗК}}(t)]^{25}) \cdot (P_{\text{ДБ}}(t) \cdot (1 + \lambda_0 t)) \quad (10)$$

Даний вираз є математичною моделлю ймовірності безвідмовної роботи системи.

Наступним етапом досліджень є визначення інтенсивності відмов системи, що дасть змогу визначити середній час роботи системи до відмови.

Отже,

$$P_{\text{сис}}(t) = e^{-\int_0^t \lambda_{\text{сис}}(t)} \quad (11)$$

де $\lambda_{\text{сис}}$ – інтенсивність відмов системи,

t – час роботи системи на протязі якого досліджується система зрошення.

Розглядаючи закон зміни інтенсивності відмов систем даного виду, слід зазначити, що система на протязі свого функціонування поводить себе не лінійно, тобто кількість відмов на протязі часу функціонування збільшується.

Таким чином інтенсивність відмов системи дорівнює:

$$\begin{aligned} P_{\text{сис}}(t) &= e^{-\lambda_{\text{сис}} t} \\ -\lambda_{\text{сис}} t &= \ln P_{\text{сис}}(t) \\ \lambda_{\text{сис}} &= \frac{-\ln P_{\text{сис}}(t)}{t} \end{aligned} \quad (12)$$

У свою чергу середній наробіток на відмову:

$$T_{\text{ср.сис}} = \frac{1}{\lambda_{\text{сис}}} \quad (13)$$

Підставивши значення формули (12) в (13) отримаємо:

$$T_{\text{ср.сис}} = \frac{t}{-\ln P_{\text{сис}}(t)} \quad (14)$$

З іншої сторони цікавим для нас є ремонтний цикл, тобто інтервал часу на протязі якого проводяться ремонтні діяння системи [3]. Загальна схема ремонтного циклу має вигляд зображений на рис.2.

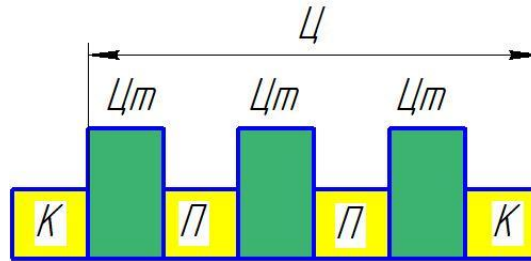


Рис. 2. Загальна схема ремонтного циклу

К – капітальний ремонт; П – поточний ремонт; Цт – міжремонтний період; Ц – ремонтний цикл

Задачею досліджень є визначення ремонтного циклу на основі показників надійності системи зрошення. В свою чергу ремонтний цикл можна визначити за формулою:

$$\text{Ц} = \sum \text{Ц}_т + \sum t_{\text{пр}}^{\text{К}} + \sum t_{\text{пр}}^{\text{Т}} \quad (15)$$

де Ц – ремонтний цикл;

Ц_т – міжремонтний період;

$t_{\text{пр}}^{\text{К}}$ – час простою при капітальному ремонті;

$t_{\text{пр}}^{\text{Т}}$ – час простою при поточному ремонті.

В ідеальному випадку міжремонтний період повинен бути не більше середнього наробітку на відмову:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_т &< T_{\text{ср.сис}} \\ \text{Ц}_т &< \frac{t}{-\ln P_{\text{сис}}(t)} \end{aligned} \quad (16)$$

Враховуючи, що система зрошення, яка використовується в теплиці є високонадійною системою, річне напрацювання якої складає 180 год на рік.

Література

1. Бойко А. І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України / А. І. Бойко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 200–203.
2. Savchenko, V.
Researching indexes of reliability of systems of microclimate control on to productivity of products of pr

otectedsoil / V. Savchenko, S. Minenko, V. Krot // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : КНТУ, 2016. - Вип. 46. - С. 105-108.

3. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустриальних теплицях / С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.