

ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

Виконав: Головань М.В.

Керівник: Панкратова Н.Д.

ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

- ✗ **Об'єкт дослідження** – складна технічна система, що функціонує в реальному режимі часу.
- ✗ **Предмет дослідження** – принципи, моделі, методи, алгоритми функціонування складних технічних систем в умовах невизначеності та багатофакторних ризиків.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

- ✗ Пошук рішень проблеми безпеки і стабільності функціонування технічних систем є дуже важливим в даний час. Розробка методів і технологій обробки інформації для організації інтелектуальної діагностики об'єктів складної технічної системи (СТС) в штатному режимі і в режимі з екстремальними умовами чи при високому рівні завад, використовується в різних галузях людської діяльності.

РИЗИК, ЩО ВРАХОВУЄТЬСЯ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СТС

- ✗ Ступінь ризику η_i - імовірність появи небажаних наслідків впливу будь-яких факторів ризику в будь-який момент часу у процесі функціонування складної системи.
- ✗ Рівень ризику W_i - розмір збитку від небажаних наслідків впливу будь-яких факторів ризику в будь-який момент часу у процесі функціонування складної системи.
- ✗ Ресурс допустимого ризику $R_{\text{доп}}$ – величина, що характеризує час, який оператор витрачає на уточнення інформації, прийняття рішення, початок реалізації впроваджених змін.

ЦІЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

- ✗ **Ціль:** у процесі функціонуванням складної системи в реальному масштабі часу для заданих моментів T_τ або з певним інтервалом моментів $\widetilde{T}_\tau \in T_\tau^\pm$, де $T_\tau^\pm = \{\widetilde{T}_\tau \mid T_\tau < \widetilde{T}_\tau < T_{\tau+1}\}$ виконати багатофакторну оцінку ризику появи нештатної ситуації і на підставі одержаних результатів сформулювати й реалізувати рішення щодо запобігання і (або) мінімізації ризику небажаних наслідків до настання критичного моменту T_{cr} .

СТРАТЕГІЯ РОЗВ'ЯЗКУ



СТРАТЕГІЯ РОЗВ'ЯЗКУ



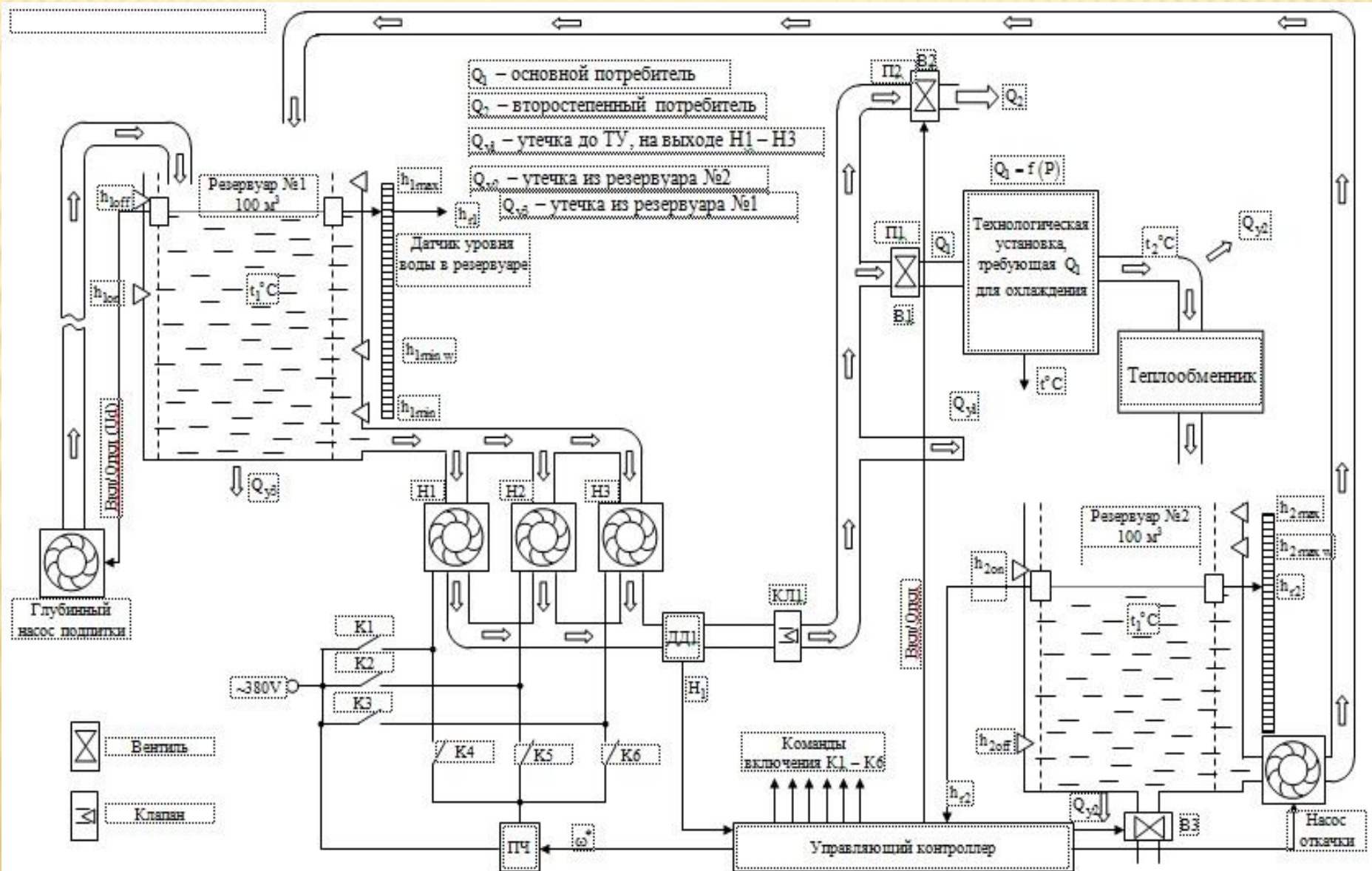
АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗКУ

1. Отримання інформації в процесі функціонування СТС та приведення до канонічного вигляду.
2. Відновлення функціональних залежностей і виявлення закономірностей за отриманими дискретними даними (формування функцій наближення у вигляді ієрархічної багаторівневої системи моделей, встановлення зв'язків відновлених функцій наближення з функціями ризику).
3. Отримання результатів прогнозування шляхом прогнозування параметрів критичних функцій і через відомі функціональні залежності, що знайдені за вибіркою, отримання значень самих функцій.

АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗКУ

4. Знаходження рівня і степеня небезпеки та стану системи, ґрунтуючись на отриманих значеннях.
5. Визначення рівня інформованості ЛПР та ресурсу допустимого ризику для критичних функцій та системи в цілому.
6. Виведення можливих ситуацій на інформаційне табло для ЛПР – для прийняття рішень.

СИСТЕМА ЗАМКНУТОГО ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ



ФУНКЦІЇ,ЩО ПОТРЕБУЮТЬ ВІДНОВЛЕННЯ:

- ✗ Критичними функціями,що мусять бути відновленими за дискретними заданими вибірками є:
- ✗ Y_1 - рівень води в резервуарі № 1.
- ✗ Y_2 - напір води.
- ✗ Y_3 - температура технологічної установки (ТУ).
- ✗ Y_4 - рівень води в резервуарі № 2.

ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

- ✗ Виконане за такою ієрархічною багаторівневою моделлю з використанням на нижньому рівні зміщених поліномів Чебишева першого роду:

$$\Phi_i(x_1, x_2, x_3) = c_{i1}\Phi_{i1}(x_1) + c_{i2}\Phi_{i2}(x_2) + c_{i3}\Phi_{i3}(x_3), i = \overrightarrow{1, m}.$$

$$\Phi_{i1}(x_1) = \sum_{j_1=1}^{n_1} a_{ij_1}^{(1)} \psi_{1j_1}(x_{1j_1}), \Phi_{i2}(x_2) = \sum_{j_2=1}^{n_2} a_{ij_2}^{(2)} \psi_{2j_2}(x_{2j_2}),$$

$$\Phi_{i3}(x_3) = \sum_{j_3=1}^{n_3} a_{ij_3}^{(3)} \psi_{3j_3}(x_{3j_3}).$$

$$\psi_{sj_s}(x_{j_s}) = \sum_{p=0}^{p_{j_s}} \lambda_{j_s p} \varphi_{j_s p}(x_{sj_s}), s = 1, 2, 3.$$

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ

✗ Кожні p_i розраховуються за формулами:

$$\text{✗ } p_i = 1 - \frac{|Y_{i_{\text{прог}}} - Y_{i_{\text{авар}}}|}{|Y_{i_{\text{авар}}} - Y_{i_{\text{нештатне}}}|}, i=1,3,4.$$

✗ Загальний ризик системи:

$$\eta_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n_k} (1 - p_i(t)).$$

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ

- ✗ Прогнозування відбувається на 5 ітерацій вперед за відновленими функціональними залежностями за допомогою прогнозування параметрів критичних функцій $x_{ij}, i = \overrightarrow{1, m}$
- ✗ Прогнозування параметрів критичних функцій відбувається за допомогою:
 - Авторегресійної моделі
 - Алгоритму kNN

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

- ✗ Кожній нештатній ситуації відповідає інтервал часу у процесі функціонування, що характеризується часом формування t_{fr} і часом реалізації t_{rr} рішення:

$$[t_{fr}^i, t_{rr}^i] \subseteq T_R, i = \overrightarrow{1, m}, r \in [1, n_r]$$

- ✗ В кожному інтервалі в реальному режимі часу оцінюються показники достовірності, повноти та своєчасності інформованості, інтегральний показник інформованості:

$$I_D^i(t), I_{II}^i(t), I_T^i(t), I_0^i(t)$$

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

- ✗ Формалізація даних показників для системи замкненого водопостачання:

$$I_{Д}^i(t) = \ln(1 + \beta_i * \tilde{I}_{Д}^i(t)),$$

$$I_{П}^i(t) = \ln(1 + \alpha_i * \tilde{I}_{П}^i(t)),$$

$$I_{Т}^i(t) = 1 - \theta_i \tilde{I}_{Т}^{i^2}(t),$$

$$I_0^i(t) = I_{Д}^i(t) * I_{Т}^i(t) * I_{П}^i(t)$$

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

✗ Повнота:

$$\tilde{I}_{\Pi}^i(t) = \alpha_1 * \tilde{I}_{\Pi_1}^i(t) + \alpha_2 * \tilde{I}_{\Pi_2}^i(t)$$

✗ Достовірність:

$$\tilde{I}_{\text{Д}}^i(t) = \beta_1 * \tilde{I}_{\text{Д}_1}^i(t) + \beta_2 * \tilde{I}_{\text{Д}_2}^i(t) + \beta_3 * \tilde{I}_{\text{Д}_3}^i(t)$$

✗ Своєчасність:

$$\tilde{I}_{\text{T}}^i(t) = \begin{cases} 1 - \eta_i(t), t \in [t_{\text{fr}}^i, t_{\text{rr}}^i] \\ 0, t \notin [t_{\text{fr}}^i, t_{\text{rr}}^i] \end{cases}$$

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

- ✗ Для поточного значення критичної функції $Y_i(t)$ оцінюється значення раціонального рівня інтегрального показника інформованості $I'_0(t)$.
- ✗ Визначається середнє значення інтегрального показника інформованості I'_0 на проміжку часу нештатної ситуації $[t_{fr}^i, t_{пот}^i]$.
- ✗ Визначається інтервал пошуку додаткової інформації для прийняття рішення ЛПР в залежності від поточного та середнього значення інтегрального показника інформованості.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ДОПУСТИМОГО РИЗИКУ

- ✗ Ресурс допустимого ризику – це величина, що характеризує час, який оператор витрачає на уточнення інформації, прийняття рішення, початок реалізації впроваджених змін.

$$R_{\text{доп}} = \min_{i=1,m} R_i^{\text{доп}} = \min_{i=1,m} \left\{ \frac{\left| \left\{ t_z^i \mid I_0^i(t_z^i) \geq I_0^{i-}(t_z^i) \right\} \right|}{\left| \left[t_{\text{fr}}^i, t_{\text{rr}}^i \right] \right|} \right\},$$

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМИ:

Start

Поточні виміри

Час

3220

Степінь небезпеки

1

Рівень небезпеки

0.108384

Результати:

Y1- рівень h_{г1} води в резервуарі № 1.

44.593

Y2-напір H1

150.003

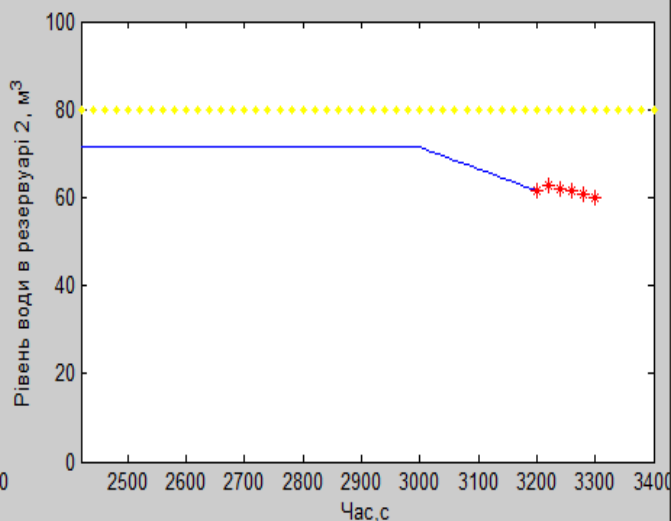
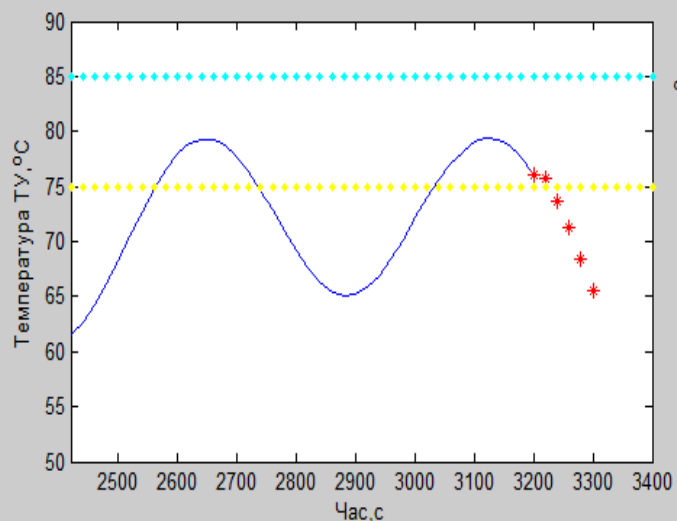
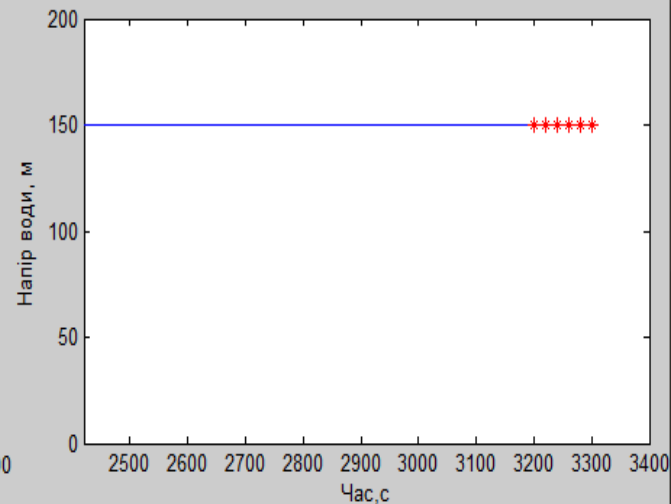
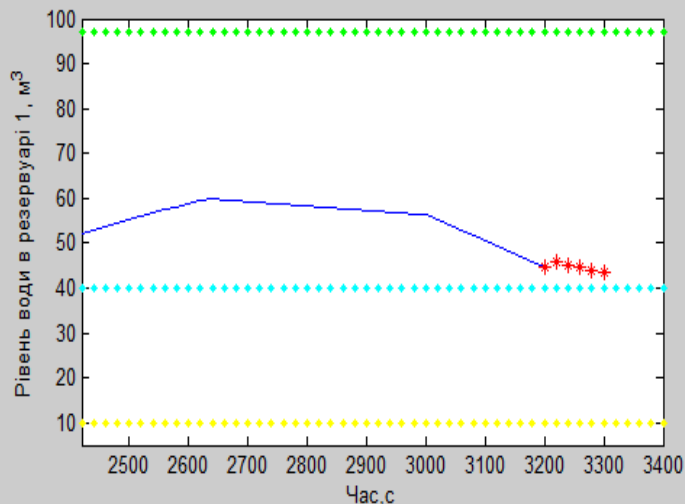
Y3- температура технологічної установки (ТУ) t, C

76.0838

Y4-рівень h_{г2} води в резервуарі № 2.

61.3991

Опис поточного стану з
прогнозом :



Нештатна ситуація : Висока температура ТУ. Висока температура води. Показник інформованості: 0.448026. Ресурс допустимого ризику: 0.333333

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМИ:

Start

Поточні виміри

Час

4340

Степінь небезпеки

1

Рівень небезпеки

0.089415

Результати:

Y1- рівень hr1 води в резервуарі № 1.

37.3175

Y2-напір H1

150.114

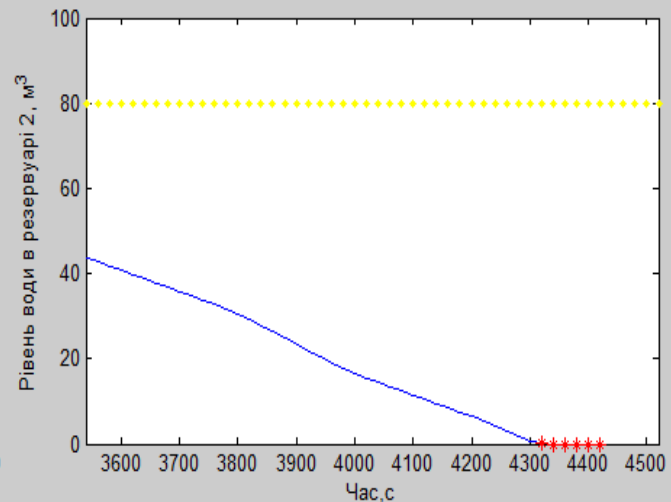
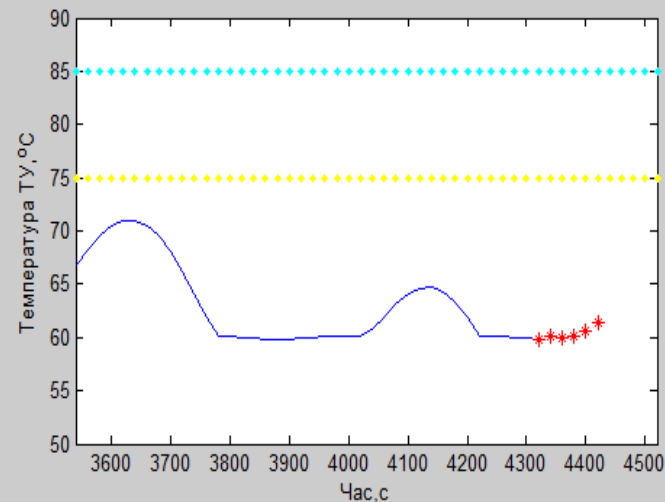
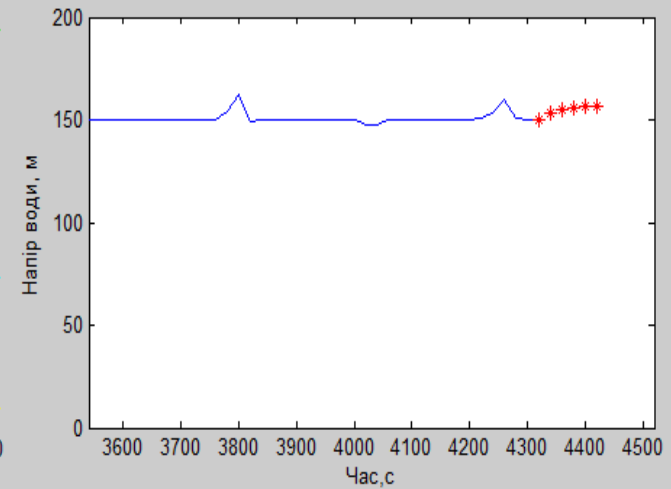
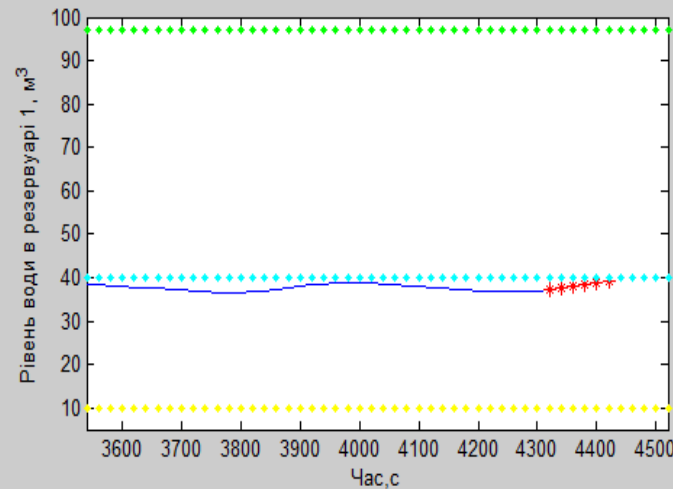
Y3- температура технологічної установки (ТУ) t, C

59.7548

Y4-рівень hr2 води в резервуарі № 2.

0.00437936

Опис поточного стану з
прогнозом :



Нештатна ситуація :Низький рівень у резервуарі 1. Наносна установка втрачає воду.Показник інформованості: 0.593723. Ресурс допустимого ризику: 0.377358

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМИ:

Start

Поточні виміри

Час

5760

Степінь небезпеки

1

Рівень небезпеки

0.213979

Результати:

Y1- рівень hr1 води в резервуарі № 1.

33.5806

Y2-напір H1

151.109

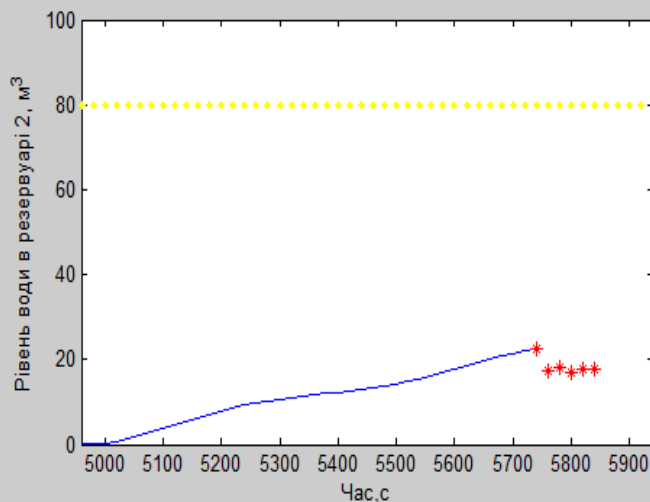
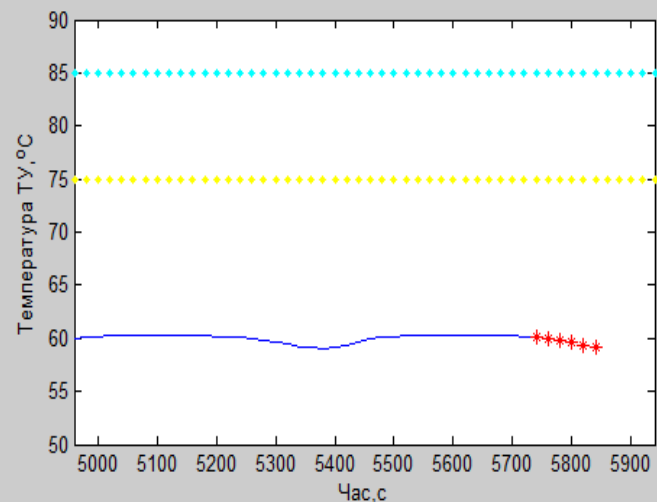
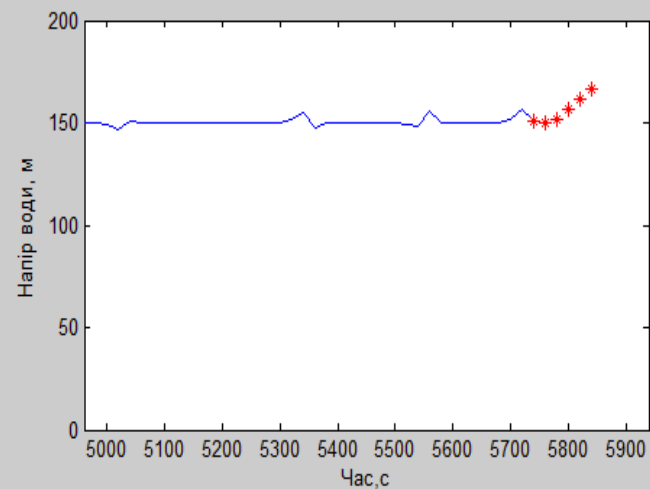
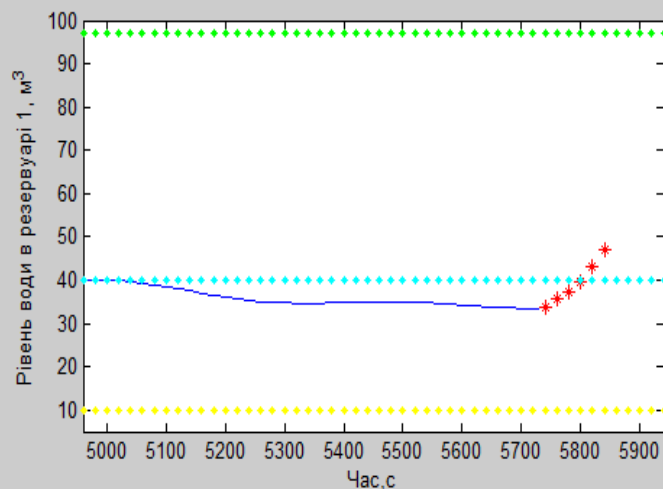
Y3- температура технологічної установки (ТУ) t,C

60.0828

Y4-рівень hr2 води в резервуарі № 2.

22.6776

Опис поточного стану з
прогнозом :



Нештатна ситуація :Низький рівень у резервуарі 1. Наносна установка втрачає воду.Показник інформованості: 0.388162. Ресурс допустимого ризику: 0.324324

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМИ:

Start

Поточні виміри

Час

6300

Степінь небезпеки

0

Рівень небезпеки

0

Результати:

Y1- рівень h_{г1} води в резервуарі № 1.

40.0061

Y2-напір H1

150.103

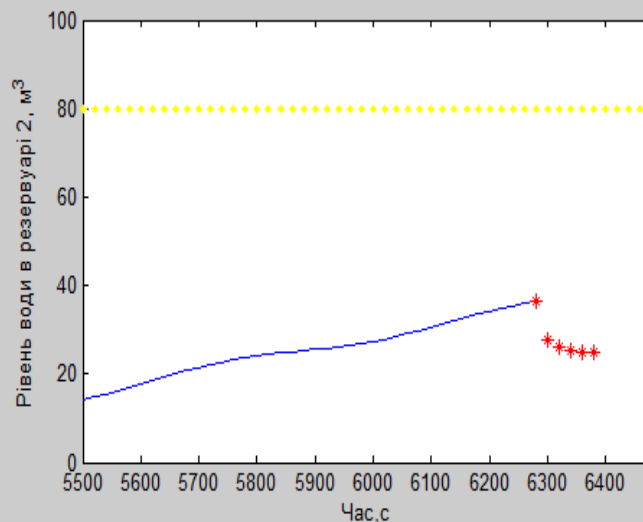
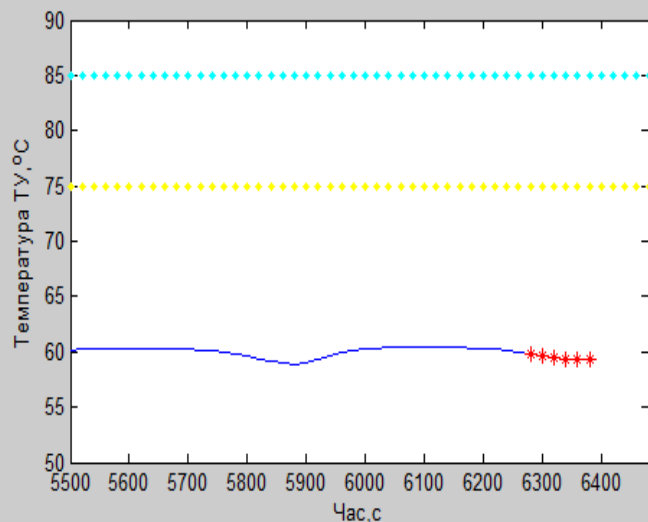
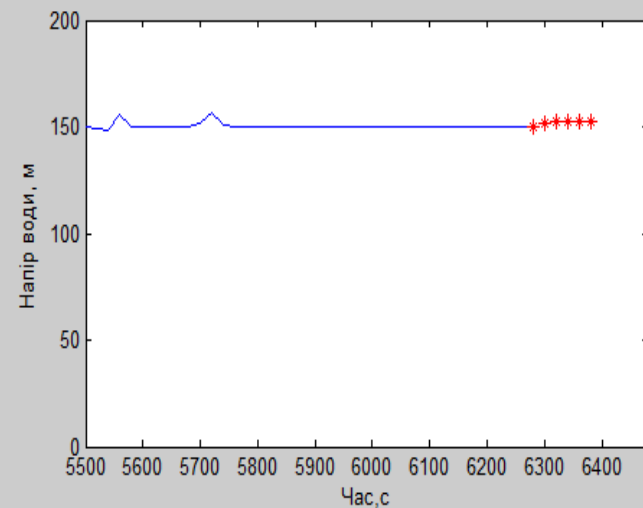
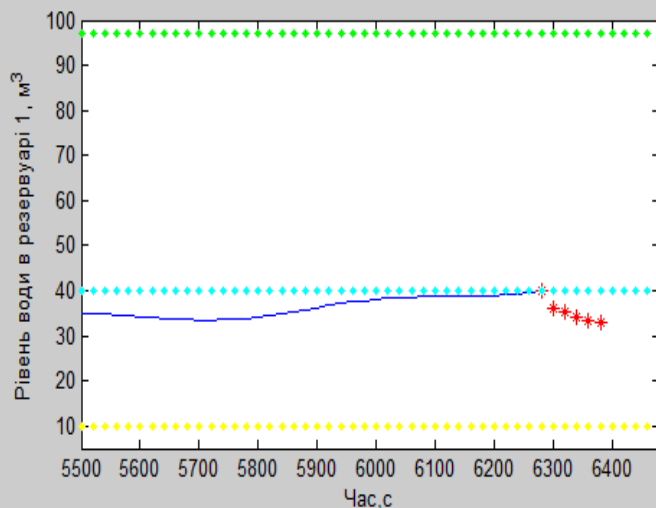
Y3- температура технологічної установки (ТУ) t, C

59.8698

Y4-рівень h_{г2} води в резервуарі № 2.

36.3127

Опис поточного стану з
прогнозом :



Можлива: Нештатна ситуація: Низький рівень у резервуарі 1. Показник інформованості: 0.501954. Ресурс допустимого ризику: 0.56250

НАУКОВА НОВИЗНА ТА ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК

Розроблений алгоритм реалізується на наступному:

- Вперше запропонованого принципу своєчасного виявлення причин та запобігання переходу штатного режиму в низку нештатних;
- Вперше запропонованій аксіомі багатофакторних ризиків.

Подальший розвиток полягає у розповсюдженні розробленого алгоритму на СТС різної природи.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:

- ✗ Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев: Изд-во Наук.думка –2011. – 742 с.
- ✗ Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу, Київ: Видавнича група BVH, 2007- 546с.
- ✗ Pankratova N.D. System strategy for guaranteed safety of complex engineering systems //Cybernetics and Systems Analysis: Volume 46, Issue 2 (2010), Page 243-251.
- ✗ Pankratova N. System approach to estimation of guaranteed safe operation of complex engineering systems // International Book Series «Information science&computing». – New Trends in Information Technologies. ITHEA. SOFIA, 2010. –P.115-128.
- ✗ Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Дослідження системних задач за умов невизначеностей та багатофакторних ризиків //У кн. Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні /Кол. Авторів. – Київ: Наукова думка, 2010. –с.1008. С.591-673.
- ✗ Dyakonov A.G., Simple kNN-method for Times Series Prediction // Kaggle 2006/07 Forecasting Competition for Neural Networks & Computational Intelligence
- ✗ Панкратова Н.Д., Головань М.В. Системна стратегія функціонування складної технічної системи в умовах багатофакторних ризиків //Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології». 29 травня-02 червня 2016 року, Київ, Україна. - Київ 2016. –С. 131.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!