

зключається во взаємозв'язи технічного, програмного і методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корективної практичної діяльності в області безпеки і охорони праці. Приведено місце моніторингу небезпечних факторів в функціональній моделі системи управління охороною праці виробничої системи. Показано, система моніторингу небезпечних факторів виступає складовою системою розподілу і перерозподілу економічних ресурсів на заходи по охороною праці.

**Ключові слова:** охорона праці, небезпечні фактори, виробничою системою, моніторинг, управління безпекою.

Надійшла 25.10.2013

Received 25.10.2013

УДК 65.018

М. П. Матвієнко, канд. техн. наук, доцент  
Конотопський інститут Сумського державного університету

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

В статті наведено послідовність дій при застосуванні засобів діагностування в системах управління. Для цього приведено формули для отримання середніх питомих збитків системи із-за її ненадійності; математичний критерій доцільності введення засобів діагностування в системи управління; розрахунок коефіцієнта відносної важливості функціональних блоків системи, що необхідно діагностувати в першу чергу, а також приведений граф станів системи із засобами діагностування, по якому складена система диференціальних рівнянь для знаходження параметрів системи.

**Ключові слова:** методика, система управління, математична модель, засоби діагностування, критерій ефективності, диференціальні рівняння.

**Вступ.** Системи управління технологічними процесами, як правило, відносяться до засобів автоматизації з техніко-економічними показниками ефективності [1]. Тому доцільність застосування засобів діагностування в системах повинно бути обґрунтовано в кожному конкретному випадку.

**Мета** – метою статті є показати послідовність дій для ефективного застосування засобів діагностування в системах управління, використовуючи при цьому критерій доцільності їх введення з урахуванням середніх питомих збитків системи із-за її ненадійності.

Ці особливості полягають в тому, що відмови систем не рівнозначні за наслідками. Одні відмови викликають лише прості системи і збитки, пропорційні часу цього простою, другі приводять до простою всього технологічного комплексу і значно більшим збиткам, а треті – до аварій з великими збитками [2].

**Виклад основного матеріалу.** В більшості випадків практичного застосування систем, їх відмови можуть бути розділені на дві категорії з двома рівнями збитків: збитки від простоїв і збитків від аварій

$$W_0 = AF_1\tau_1 + AF_2(\tau_2 + B/A) + Q_0, \quad (1)$$

де –  $W_0$  – середні питомі збитки системи із-за її ненадійності;  $A$ -збитки, рівні доходу, принесеною системою;  $F_1, F_2$  – середня частота відмов першої (простої) і другої (аварії) категорії;  $\tau_1$  і  $\tau_2$  – середній час відновлення системи після відмови першої і другої категорій;  $B$  – збитки від аварій;  $Q_0$  – середні питомі витрати на обслуговування.

При цьому

$$F_1 = 1/(T_n + \tau_1); \quad F_2 = 1/(T_a + \tau_2), \quad (2)$$

де –  $T_n, T_a$  – напрацювання до відмови для першої і другої категорій.

Застосування засобів діагностування в системах управління не тільки скорочує час пошуку відмовленого пристрою системи, але і змінює співвідношення між різними категоріями відмов в сторону зменшення питомої ваги відмов з більшими збитками. В результаті цього величина середніх питомих збитків для систем з вбудованими засобами діагностування  $W_0$  при визначених умовах може бути менше середніх питомих збитків із-за ненадійності системи без засобів діагностування.



відмовивших засобах діагностування, що приводить до простоїв;  $\lambda^0_c$  - сумарна інтенсивність відмов невідмовившої частини у відмовивших засобах діагностування;  $\gamma$  - частка відмов, що виявляються засобами діагностування;  $\mu_c$  - інтенсивність відновлювання введених засобів діагностування;  $P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t), P_{n+1}(t), P_{n+2}(t)$  - ймовірності перебування системи управління і вбудованих засобів діагностування відповідно в справному стані, в стані, коли відмови  $n$  введених засобів діагностування не призводять до зупинки роботи системи, в стані, коли відмова системи і засобів діагностування призводить до зупинки в роботі системи, в стані, коли відмова системи призводить до аварії.

Величини  $\lambda_c^1$  і  $\delta^1$  для одних і тих же засобів діагностування можуть приймати різні значення, що залежать від їх відмов. При знаходженні  $P_{n+1}(t)$  і  $P_{n+2}(t)$  значення величин  $\lambda_c^1$  і  $\delta^1$  має бути середнім або принаймні найменшим з множини всіх можливих. Якщо за цих умов збитки від простоїв системи із засобами діагностування такі, що введення їх в систему виправдано, то при інших реально-можливих умовах їх введення є доцільним.

Напрацювання системи на відмови першої  $T_{1n}$  і другої  $T_{2n}$  категорії з  $n$  введеними засобами діагностування, визначається співвідношеннями:

$$T_{1n} = \frac{T_{0n}}{\lim_{t \rightarrow \infty} P_{n+1}(t)}, T_{2n} = \frac{T_{0n}}{\lim_{t \rightarrow \infty} P_{n+2}(t)}, \quad (5)$$

де  $T_{0n}$  - напрацювання на відмову системи управління з  $n$  введеними засобами діагностування, що дорівнює

$$T_{0n} = \int_0^{\infty} t [P_{n+1}(t) + P_{n+2}(t)]' dt \quad (6)$$

Рішення системи диференціальних рівнянь (4) відносно  $P_{n+1}(t)$  і  $P_{n+2}(t)$  з урахуванням початкових умов  $P_0(0) = I$ ,  $P_n(0) = 0$ ,  $n \neq 0$ , а також рішення виразів (5) і (6) при оцінці ефективності застосування різних засобів діагностування доцільно виконати за допомогою електронних обчислювальних машин.

Для обґрунтованого введення засобів діагностування в систему управління необхідно скористатися коефіцієнтом відносної важливості, що є відношенням середніх питомих збитків із-за ненадійності вузла системи до середніх питомих збитків із-за ненадійності системи в цілому

$$K_j = \frac{W_j}{W_0}, \quad (7)$$

де  $j$  - тий вузол системи.

Значення цих коефіцієнтів відбиває важливість діагностування відповідних їм функціональних вузлів. Першочерговому діагностуванню піддаються вузли з максимальним коефіцієнтом відносної важливості.

При введенні засобів діагностування в систему управління робиться аналіз технологічного процесу і системи його автоматизації для визначення категорій її відмов, шляхом імітації їх різних видів в кожному з блоків функціональної схеми системи. При визначенні категорій відмов системи необхідно враховувати, що виконувані системою функції можуть бути або незалежними і самостійно забезпечувати певну частину доходу, або апаратно, логічно чи технологічно залежними. При технологічній залежності функцій певна частина доходу забезпечується тільки їх спільним виконанням.

На підставі категорій відмов по вираженню (1) визначаються середні питомі збитки апаратури від її ненадійності.

Найбільша ефективність діагностування системи досягається у тому випадку, коли вимоги до діагностування враховуються на ранніх етапах її розробки, тобто на етапах абстрактного і структурного синтезу. Для цього перевіряється наявність природної надмірності в станах системи як одного з методів підвищення її діагностуємості. Разом з перевіркою наявності природної надмірності в станах системи, перед введенням в неї засобів діагностування, необхідно перевірити можливість використання для цілей діагностування і природної (програмної) надмірності. За допомогою цього можливо забезпечити повне або часткове діагностування вузлів або функціональних блоків системи, які необхідно діагностувати в першу чергу, що є обов'язковим для виконання.

При вибиранні засобів діагностування в якості критерію використовується їх особливість виявляти найбільш небезпечні відмови функціональних вузлів з максимальним коефіцієнтом відносної важливості. Після обґрунтованого вибору і введення засобів діагностування в систему по (4) і (5) за допомогою (5) і (6) визначається частота її відмов з введеними засобами діагностування. Визначення середніх питомих збитків апаратури з введеними засобами діагностування проводиться по виразу (1). На підставі вчислених значень  $W_0$  і  $W_\delta$  по (4) визначається ефективність введення вибраних засобів діагностування.

Блок-схема послідовності дій при введенні засобів діагностування в систему управління, яка показує суть цієї методики, приведена на рис.2.

Якщо  $W_0 - W_\delta = C\delta$  то робиться висновок про ефективність введення цих засобів діагностування в систему управління. При цьому, згідно (4) додатково вводяться інші засоби діагностування. Якщо  $W_0 - W_\delta < C\delta$ , то введення в систему даних засобів діагностування є не доцільним.

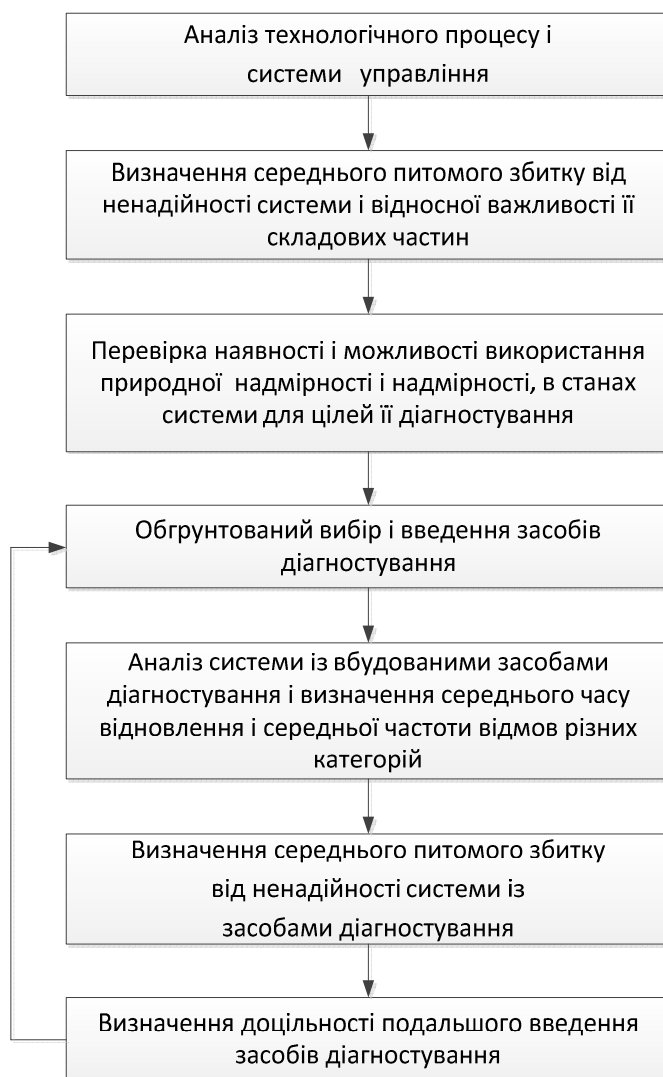


Рис.2 Блок-схема послідовності дій при введенні засобів діагностування в систему управління

При різній вартості засобів діагностування, введення їх по умові  $W_0 - W_\delta < C\delta$  не припиняється, а робиться наступне введення з меншою вартістю і здатністю по усіх пристроях системи згідно з коефіцієнтами їх відносної важливості. При  $W_0 - W_\delta = C\delta$  введення засобів діагностування в системи автоматизації є доцільним, оскільки згідно їх застосування дає додаткову економію за рахунок зменшення часу на:

1. перевірку системи на заводі виробнику;

2. підготовку системи до монтажу після транспортування і зберігання;
3. наладку системи перед здачею її в експлуатацію.

#### **Висновки.**

Інженерна методика введення засобів діагностування в систему управління показує послідовність дій для ефективного їх застосування за критерієм доцільності їх введення з урахуванням середніх питомих збитків системи із-за її ненадійності.

#### **Список літератури**

1. Захаров В.Н. Системы управления / В. Н. Захаров, Д. А. Поспелов, В. Е. Хазацкий. - М. : «Энергия», 1976. - 423с.
2. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. - М. : «Экономика», 1979. - 16 с.
3. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. - В. П. Сигорский. - К. : «Техника», 1977. - 466с.
4. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. - А. Н. Колмогоров. - М. : «Наука», 1974. - 512с.

**M. P. Matvienko**

**Konotop Institute of Sumy State University**

#### **METHODS OF ASSESSING THE EFFICACY OF DIAGNOSIS TOOLS IN CONTROL SYSTEMS**

*The article describes the steps for implementing the means of diagnosis in control systems. To do this, the formulas for average specific damage system of its unreliability, the usefulness of a mathematical criterion of diagnostics tools in the control system were given. At checkout ratio of the relative importance of the functional blocks of the system must be diagnosed first. Also in the article is a graph of the system states with the means of diagnosis, which is made up by a system of differential equations for the parameters of the system.*

**Key words:** methods, control system, the mathematical model, diagnostic tools, the efficiency criterion, differential equations.

1. Zaharov, V.N. Control Systems / V.N. Zakharov, D.A. Pospelov, V. E. Hazatskiy. - Moscow : "Energy", 1976. - 423 p.
2. A typical method of determining the economic efficiency of capital investments. - M.: "Economy", 1979. - 16 p.
3. Syhorskiy, V.P. Mathematical apparatus of engineer / V. P. Syhorskiy. - Kyiv : "Technique" 1977. - 466 p.
4. Kolmogorov, A.N. Basic probability theory concepts / A. N. Kolmogorov. - Moscow : "Nauka", 1974. - 512 p.

УДК 65.018

**М.П. Матвиенко**, канд. техн. наук, доцент

**Конотопский институт Сумского государственного университета**

#### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

*В статье приведена последовательность действий при применении средств диагностирования в системах управления. Для этого приведены формулы для получения средних удельных ущербов системы из-за ее ненадежности; математический критерий целесообразности введения средств диагностирования в системы управления. Расчет коэффициента относительной важности функциональных блоков системы, необходимо диагностировать в первую очередь. Также в статье приведен граф состояний системы со средствами диагностирования, по которому составлена система дифференциальных уравнений для нахождения параметров системы.*

**Ключевые слова:** методика, система управления, математическая модель, средства диагностики, критерий эффективности, дифференциальные уравнения.

Надійшла 12.06.2013

Received 12.06.2013

Д. В. Степанов, канд. техн. наук, доцент; М.В. Деундяк; О.М. Калюшко  
Вінницький національний технічний університет

## ПАЛЬНИК НА ВІДХОДАХ ДЕРЕВИНИ

*Проаналізовано перспективи використання відходів деревини в Україні з вологістю 9,5...50%, вказано на перспективність переобладнання газових котлів за рахунок встановлення пальників на відходах деревини, проаналізована конструкція пальника потужністю 3000 кВт, що працює на відходах деревини. З використанням математичної моделі теплогідродинамічних процесів в пальнику, що побудована з врахуванням Нормативного метода теплового розрахунку котлоагрегатів, балансових рівнянь газогенерації та особливостей конструкції пальника, проведені числові дослідження режимів його роботи. Проаналізований вплив характеристик палива і утвореного синтез-газу та режимів роботи пальника на його теплотехнічні показники – розрахункову температуру факелу, поверхні футеровки та вторинного повітря. Виявлені раціональні режими роботи пальника при спалюванні відходів деревини*

**Ключові слова.** Пальник, відходи деревини, вологість, температура факелу, футерівка

**Вступ, постановка задачі.** В умовах глобального зростання цін на енергетичні ресурси та принципової вичерпності викопних енергоресурсів провідні країни світу докладають значних зусиль, спрямованих на впровадження заходів з енергоефективності та використання відновлювальних джерел енергії [1]. Звісно, краще використовувати енергію, яка вже вироблена, чим виробляти для цих потреб додаткову енергію; краще використовувати джерела енергії, які відновлюються, чим ті, які вичерпуються.

Житлово-комунальне господарство України нині посідає третє місце серед галузей економіки за обсягами споживання природного газу – понад 13,0 млрд. кубометрів на рік [2].

Енергоспоживання на початку XXI сторіччя у всіх регіонах світу демонструє стійку тенденцію до зростання, за останні 10 років воно збільшилось на 11%. Зростання обумовлюється темпами світового економічного розвитку, збільшенням населення планети й усе більш зростаючою роллю енергоресурсів у житті людства [1].

Займаючи надзвичайно вигідне географічне положення, Україна має значну частину лісостепової зони та зони полісся. Тому відходи деревини (тирса, тріска тощо) та вироблені з них палива (пеллети, брикети) залишаються надійним поновлюваним місцевим енергоресурсом [3]. Вологість переважної частини відходів деревини знаходиться в межах 30...50%. Деревинні пеллети та брикети мають меншу вологість – 9...20% [4]. На сьогодні в Вінницькій області працює: 13 реакторів газифікації (установки Сухіна); 7 теплогенераторів на пресованій соломі; 13 котелень на відходах деревини.

Існує думка, що значного зменшення споживання газу можна досягти в результаті першочергової модернізації теплогенерувального обладнання. Реконструкція котелень, звичайно, необхідна, але не обов'язковою є заміна котлів. Використання вискоелективних пальників на твердих органічних відходах з газовими котлами дозволяє отримувати теплоту з достатньою надійністю і високою економічністю.

**Мета роботи** – зменшення витрат природного газу за рахунок впровадження надійних енергоефективних пальників на відходах деревини.

**Основні дослідження.** Для дослідження був обраний твердопаливний пальник ТОВ «Новітні технології 2006» ПВТ-3000 номінальною потужністю 3 МВт, що працює на твердих органічних відходах [4] (рис. 1).

Пальник має циліндричний корпус, футерований шамотною цеглою. Для подачі палива в робочу камеру пальника встановлений шнековий механізм з мотор-редуктором. Використання автоматизованої подачі палива дозволяє якісно регулювати теплову потужність пальника. В робочу камеру пальника під колосникову решітку за допомогою вентилятора підводиться первинне повітря у кількості, меншій ніж теоретично потрібна для повного спалювання палива. Допалювання утвореного газу здійснюється в топці котла при подаванні туди вторинного повітря, яке попередньо підігрівається в каналах, утворених в шарі футеровки пальника. Футеровка робочої камери пальника дозволяє підтримувати в камері високу температуру, що дозволяє: по-перше, підвищити якість спалювання, особливо вологого, палива; по-друге, включати пальник в роботу після короткочасної зупинки без примусового запалювання палива. Конструкція пальника дозволяє регулювати витрату первинного та вторинного повітря, чим можна досягти високої ефективності спалювання палива і мінімальних концентрацій шкідливих речовин у відхідних газах [5].