

УДК 004.8

doi:10.20998/2413-4295.2020.02.08

## ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ ПРОГНОСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРИ СТВОРЕННІ ПРЕДИКТИВНОГО МОДУЛЯ ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ В РОБОТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

М. М. КОЛДУН,\* Ю. Є. ГРУДЗИНСЬКИЙ

кафедра АТЕП, НТУУ "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, УКРАЇНА  
\*e-mail: koldun.maks@gmail.com

**АНОТАЦІЯ** У статті пропонується методологія створення моделі роботи прогнозуючої системи для технологічних об'єктів управління складними або критичними виробництвами. Для цього запропоновано використовувати ітеративний алгоритм прогнозування технічного стану об'єкта, побудованій на основі математико-статистичних методів обробки часових рядів показань об'єктових датчиків, який включає в себе кілька кроків. Кроки алгоритму реалізують: формалізацію апріорних даних, що мають відношення до побудови моделі, у вигляді вхідного керуючого фактора  $X$  і вихідного контрольованого вектора параметрів  $y$ ; висунання гіпотези про структуру моделі за результатами ранжирування вхідних керуючих факторів  $X$ ; вибір алгоритму отримання інформації з об'єкта управління відповідно до структури моделі і ітеративного алгоритму; вибір реалізації алгоритму знімання інформації відповідно необхідної точності вимірювань вхідних параметрів керуючих факторів і оцінки впливу збурюючих впливів; оцінку параметрів моделі, використовуючи стандартні математичні процедури статистичної обробки даних з виключенням слабо значущих параметрів; перевірку адекватності моделі з можливим повторенням усієї процедури з метою поліпшення характеристик моделі. Запропонована агрегована процедура побудови моделі поведінки об'єкта керування придатна для дослідження поведінки більшості потенційно небезпечних технологічних об'єктів управління. Процедура дозволяє здешевити і спростити розробку моделі потенційно небезпечних об'єктів, забезпечити подальший безпечний режим їх функціонування та зробити оцінку їх поточного і майбутнього станів, знизивши витрати на їхню експлуатацію.

**Ключові слова:** теплоенергетика; формалізація; оцінка; прогнозування; моделювання; виробництво; агрегування; параметри; ітеративний алгоритм

## CONSTRUCTION OF THE ALGORITHM OF THE FORECAST MODEL AT CREATION OF THE MODULE OF PREDICTION OF EMERGENCY SITUATIONS IN WORK OF THE INDUSTRIAL AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS

М. М. KOLDUN\*, J. HRUDZYNSKIY

Department АТЕP, NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The article proposes a methodology for creating a model of the forecasting system for technological objects of complex or critical production management. To do this, it is proposed to use an iterative algorithm for predicting the technical condition of the object, built on the basis of mathematical and statistical methods of processing time series of readings of object sensors, which includes several steps. The steps of the algorithm implement: formalization of a priori data related to the construction of the model, in the form of the input control factor  $X$  and the output controlled vector of parameters  $y$ ; hypothesizing the structure of the model based on the results of ranking the input control factors  $X$ ; selection of the algorithm for obtaining information from the control object in accordance with the structure of the model and the iterative algorithm; the choice of implementation of the algorithm for capturing information in accordance with the required accuracy of measurements of the input parameters of the control factors and the assessment of the impact of disturbing effects; estimation of model parameters, using standard mathematical procedures of statistical data processing with the exception of weakly significant parameters; checking the adequacy of the model with a possible repetition of the entire procedure in order to improve the characteristics of the model. The proposed aggregate procedure for constructing a model of behavior of the control object is suitable for studying the behavior of most potentially dangerous technological control objects. The procedure allows reducing the cost and simplifying the development of a model of potentially dangerous objects, to ensure further safe operation and to assess their current and future conditions, reducing the cost of their operation.

**Keywords:** power engineering; formalization; assessment; forecasting; modeling; production; aggregation; parameters; iterative algorithm

### Вступ

Аналіз вітчизняних і закордонних систем показує, що в даний час при їх експлуатації, в

основному прийнята "жорстка" стратегія технічного обслуговування, використовуючи тільки апріорну інформацію. У той же час більш перспективними є "гнучкі" стратегії управління технічним станом

потенційно небезпечних об'єктів, засновані на аналізі та оцінці фактичного технічного стану об'єктів. Так декілька років тому на одному з об'єктів енергетичної компанії Duke Energy зафіксували незначне збільшення вібрації в роботі парової турбіни. Предиктивна система в центрі моніторингу електростанції «прийшла до висновку», що аномалія пов'язана з дефектом лопатки і перевірка підтвердила прогноз. В Duke Energy вважають, що раннє виявлення проблеми дозволило заощадити компанії понад \$ 4 млн [1].

Таким чином, предиктивна аналітика дозволяє прогнозувати операційну поведінку технологічної системи, відповідаючи на численні питання «Що може статися, якщо?..» на основі аналізу поточної потокової діагностичної інформації з давачів. Основним елементом такої аналітики є відповідна модель для прогнозуючої системи.

### Ціль роботи

Ціль нашої роботи полягає в пропозиції можливої процедури побудови моделі для прогнозуючої системи.

### Виклад основного матеріалу

При вивченні динаміки поведінки потенційно небезпечних об'єктів можна виділити два основних підходи: **прогнозування їх технічного стану і прогнозування надійності**.

**Прогнозування надійності**, засноване на спостереженні прямих або непрямих прогнозованих параметрів, дозволяє досліджувати надійність конкретних об'єктів і виробів в процесі їх роботи.

**Прогнозування технічного стану** здійснюється на різних стадіях життєвого циклу об'єктів: при проектуванні, виробництві та експлуатації. На стадії проектування вихідними даними є проектні характеристики, робочі режими і умови роботи. Цільова спрямованість прогнозування на цьому етапі - створення конструкції, яка найкращим чином задовольняє вихідним умовам роботи. На стадії експлуатації досліджуються передбачувані закономірності зміни технічних параметрів реального об'єкта, тому прогнозування технічного стану має на меті своєчасне попередження відмов і застосування таких робочих умов експлуатації і режиму обслуговування, які найкращим чином відповідають завданню забезпечення заданої надійності і ефективності [2].

Діагностичній інформації в процедурі контролю та попередження аварій на потенційно небезпечних об'єктах належить велика роль. Аналіз показує, що ризик аварії тісно пов'язаний з ймовірністю прийняття правильного рішення про стан об'єкта. У свою чергу, прийняття рішення про стан об'єкту багато в чому пов'язано з наявністю досить повної інформації про його стан [3].

Враховуючи цю інформацію, в основу створення ефективних діагностичних систем покладена не фіксація вже виниклого дефекту, а пошук і реєстрація фізичних та інших ефектів, що передують моменту переходу контрольованого об'єкта в «дефектний» стан. Основними факторами, що впливають на вибір способу прогнозування стану складних об'єктів, є сукупність наявних параметрів, цільова спрямованість поставленого завдання і робочий алгоритм [4].

Завдання прогнозування тісно пов'язані з завданнями випереджувальної діагностики (наприклад, визначення терміну служби об'єкта або періодичності його профілактичних перевірок і ремонтів). Рішення задач прогнозування вельми важливо, зокрема, для організації технічного обслуговування об'єктів за їх станом (замість обслуговування за термінами або по ресурсу). Безпосереднє перенесення методів вирішення завдань діагностування на завдання прогнозування неможливо через відмінності моделей, з якими доводиться працювати, при діагностуванні моделлю зазвичай є опис об'єкта, в той час як при прогнозуванні необхідна модель процесу еволюції технічних характеристик об'єкта в часі. В результаті діагностування кожен раз визначається не більше ніж одна «точка» зазначеного процесу еволюції для поточного моменту (інтервалу) часу. Проте добре організоване діагностичне забезпечення об'єкта зі зберіганням усіх попередніх результатів діагностування може дати корисну і об'єктивну інформацію, що представляє собою попередню історію (динаміку) розвитку процесу зміни технічних характеристик об'єкта в минулому, що може бути використано для систематичної корекції прогнозу і підвищення його достовірності

Сучасні методи прогнозування засновані на використанні великої кількості різних математичних методів. Це методи функціонального аналізу, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії випадкових функцій і випадкових процесів, спектрального аналізу, теорії розпізнавання образів. Основними факторами, що впливають на вибір способу прогнозування стану складних об'єктів, є сукупність наявних параметрів, цільова спрямованість поставленого завдання і робочий алгоритм

Аналіз статистичних даних діагностики дозволяє судити про неполадки в об'єкті. Прогнозування майбутніх відмов включає розрахунковий час до відмови, допомагаючи визначити момент проведення техобслуговування, уникнути відмов і аварій.

Однак практична реалізація теоретично жорстких постановок задач прогнозування технічного стану складних об'єктів зустрічається з труднощами і обмеженнями. Цим, мабуть, пояснюється слабке і повільне впровадження методів і засобів прогнозування в практику.

Апріорні дані про технічні характеристики об'єкта можна отримувати від функціонального і

тестового діагностування. Тим самим при досить «хороших» засобах функціонального і тестового діагностування та за умови організації накопичення, обробки інформації є можливість в будь-який період часу життєвого циклу об'єкта мати не тільки абсолютні фактичні значення інтенсивностей відмов і прогнозованих параметрів, але також динаміку їх зміни, наприклад, у вигляді кривих.

При наявності таких кривих можна емпірично вибрати критерій придатності і призначити його граничне значення, після досягнення якого подальше використання даного екземпляра об'єкта або неможливо (небезпечно), або не виправдано з техніко-економічних міркувань. Вдалий вибір критерію придатності дозволяє використовувати його значення також для управління періодичністю тестового діагностування (тобто профілактики і ремонту) об'єкта. Це і буде реалізацією індивідуального прогнозування технічного стану об'єкта і тим самим обслуговування його стану.

Найпростішими критеріями придатності можуть бути, наприклад, значення або швидкість зміни абсолютних значень інтенсивностей відмов, або прогнозованих параметрів.

Найбільш важкими є питання вибору обґрунтованого призначення граничного значення критерію придатності, а також вибору прогнозованих параметрів.

Дуже непростою і трудомісткою задачею є вибір прогнозованих параметрів складних технічних систем. Кожен конкретний випадок вимагає розробки оригінального підходу з урахуванням обраних цілей і методів прогнозування. Проте можна сформулювати деякі загальні рекомендації (методи) за вибором прогнозованих параметрів стосовно до різних технічних систем.

1. Метод вибору, що враховує похідні параметрів, заснований на аналізі властивості «монотонності» координат, використовується при аналітичному прогнозуванні в разі, якщо враховуються похідні прогнозованих параметрів об'єктів.

2. Інформаційний підхід до вибору параметрів, що враховує зміну ентропії об'єкта діагностування при виборі того чи іншого параметра. При такому підході для прогнозування відбираються параметри, що несуть максимальну кількість інформації про об'єкт.

3. Вибір прогнозованих параметрів методами статистичної класифікації. Дозволяє в умовах великого числа початкових, первинних параметрів звести до мінімуму число параметрів-ознак для простоти розпізнання, а також для скорочення витрат на виконання вимірювань параметрів об'єкта, іноді вельми трудомістких, що вимагають спеціально розробленої апаратури.

4. Метод вагових коефіцієнтів, заснований на різній значимості діагностичних параметрів для оцінки працездатності складної технічної системи. При цьому для оцінки значущості кожного параметра вводиться певна множина чисел («вага»), кожне з яких

характеризує його «корисність». Завдання зводиться до знаходження такої сукупності вагових коефіцієнтів, яка дозволила б виділити відокремлені класи об'єктів всередині складної системи (кластери, фрактали і т.п.), досить інформативно описувані обраними параметрами.

5. Емпіричний метод. Використовується для отримання «найкращого» (по якомусь певному критерію) набору параметрів. З усіх параметрів процесу, системи вибирається один (або декілька), найбільш інформативний, потім до першого параметру додається такий параметр з решти, щоб інформативність пари параметрів для прогнозування стану складної технічної системи була найбільшою, після цього до отриманої пари параметрів додається наступний параметр і так далі. Додавання параметрів закінчується, коли інформативність набору параметрів незначно перевершує інформативність набору, отриманого на попередньому кроці, або ж коли досягнутий потрібний рівень інформативності або точності розпізнавання. Процес можна вести і в зворотному порядку.

6. Критерій знаків, при якому задача вибору інформативних параметрів зводиться до перевірки тотожності розподілів, що описують стан об'єкта з їх допомогою. Найбільш інформативні параметри, у яких різниця між розподілами максимальна.

Теоретично обґрунтовані відповіді на ці питання вдається отримати далеко не завжди і тільки для дуже простих об'єктів. У більшості випадків, однак, можуть виявитися прийнятними методи експертних оцінок.

Всі завдання технічного прогнозування можна звести до трьох напрямків [5]:

1. Визначення протікання процесу протягом майбутнього відрізка часу в конкретній розмірності.

2. Визначення очікуваної ймовірності невиходу досліджуваного процесу за встановлені допускові границі.

3. Визначення класу довговічності досліджуваного процесу з урахуванням того, що потенційно небезпечні об'єкти функціонують в умовах дії значного числа факторів, в тому числі випадкових.

Прогнозування поведінки таких об'єктів найбільш ефективно з використанням теорії ймовірності. Інакше кажучи, для очікуваних подій можуть бути вказані лише ймовірності їх виникнення, а щодо значень тих чи інших величин часто доводиться обмежуватися законами їх розподілу або іншими ймовірнісними характеристиками: середнім значенням, дисперсією, тощо.

Основним завданням прогнозування є дослідження тенденції, логіки розвитку прогнозованого процесу, що дозволяє в кінцевому підсумку зменшити вплив невизначеності майбутньої ситуації на результат прийнятих рішень. При цьому важливе значення мають точні дані про те, що і за яких умов і сценаріях може статися з об'єктом прогнозування в майбутньому.[6].



Рис. 1 – Схема прогнозування

Широко застосовуваним математичним апаратом для прогнозу поведінки складних об'єктів є математико-статистичні методи обробки часових рядів [7]. Структурна схема такого прогнозування наведена вище на рис. 1.

Після вибору моделі об'єкта, як правило, виникає задача визначення значень її параметрів, що залишилися невідомими. Для визначення цих параметрів в якості математичного апарату використовуємо математико-статистичні методи обробки часових рядів. Отримані результати прогнозування піддаються логічному аналізу, після якого вносяться поправки в інші елементи прогнозуючої системи [8].

### Обговорення результатів

Виходячи з положень п.п. 1-6 попереднього розділу нижче описується запропонована ітеративна процедура побудови моделі для прогнозуючої системи.

Нехай  $X$  - кінцева множина факторів, що впливають на діагностичний параметр  $y$ . Тоді в загальному випадку ітеративна процедура побудови моделі містить 6 етапів.

1. Формалізація апріорних даних, що мають відношення до побудови моделі. Дані можуть бути представлені у вигляді записів спільних спостережень фактору  $X$  і вихідного контрольованого параметра  $y$ , або у вигляді сукупності думок експертів про характеристики об'єкта (процесу), що моделюється. Формалізація апріорних даних передбачає виконання ряду процедур, що дозволяють ранжувати чинники  $X$  за ступенем їх впливу на вихідний контрольований параметр  $y$  для подальшого скорочення параметрів моделі.

2. Висування гіпотези про структуру моделі. За результатами ранжування вхідних керуючих факторів  $X$  висувається гіпотеза про структуру моделі - припущення про число факторів множини  $X$ , що залишаються в моделі, і вигляді функціонального зв'язку між  $X$  та  $y$ .

3. Вибір алгоритму знімання інформації з об'єкта. Отримання інформації, необхідної для оцінювання параметрів моделі, здійснюється одним із двох способів - пасивним або активним експериментом. При пасивному експерименті не втручаються у функціонування об'єкта, що моделюється і обмежуються лише реєстрацією спільних спостережень вихідного контрольованого параметра  $y$  і частини множини вхідних керуючих факторів  $X$ , що включені до моделі. В активному експерименті реєструють значення вихідного контрольованого параметра  $y$ , змінюючи за певним алгоритмом вхідні керуючі фактори  $X$ , що включені до моделі. Вибір алгоритму визначається структурою моделі, прийнятої в результаті виконання пункту 2 ітеративної процедури.

4. Реалізація алгоритму знімання інформації. При реалізації алгоритму знімання інформації необхідно враховувати точність вимірювання вхідних параметрів керуючих факторів  $X$ . Похибки вимірювання  $X$  повинні бути як мінімум в декілька разів менше відповідних діапазонів зміни параметрів. Крім того, алгоритм повинен виключати вплив систематичних складових в збурюючих впливах, що спотворюють результат моделювання.

5. Оцінювання параметрів моделі. На цьому етапі, використовуючи стандартні обчислювальні процедури статистичної обробки, оцінюють невідомі коефіцієнти прогнозованої моделі. Складові моделі, що мають малі в статистичному сенсі оцінки коефіцієнтів, виключаються з моделі. Для інших складових моделі, оцінки коефіцієнтів в загальному випадку перераховуються.

6. Перевірка адекватності моделі. Побудова моделі закінчується перевіркою її адекватності (відповідності даним, наявним в розпорядженні). Якщо модель неадекватна, то необхідно повторити процедуру, досягаючи поліпшення характеристик моделі. Будь-яка модель, як правило, використовується для прогнозування стану об'єкта, тому адекватність моделі визначає її прогнозні властивості [9]. Теоретично, перевірка адекватності моделі можлива лише при реалізації активного експерименту. Однак, оцінка працездатності (тобто визначення характеристик точності) моделі можлива завжди. Якщо модель неадекватна, або не задовольняє по працездатності, то необхідно повернутися до етапу 2 процедури побудови моделі, висунути альтернативну гіпотезу про структуру моделі і повторити всі інші етапи процедури.

7. Побудова моделі закінчується або при позитивному результаті перевірки адекватності, або при задовільній працездатності.

На більшості етапів ітеративної процедури побудови моделі, доцільно використовувати методи математичної статистики для оцінювання параметрів випадкових величин і перевірки статистичних гіпотез.

Використання запропонованого алгоритму для моделювання поведінки таких об'єктів, має свою

специфіку. Оскільки метою моделювання поведінки потенційно небезпечних об'єктів є забезпечення безпечного режиму їх функціонування, основні завдання моделювання і подальшого аналізу можливої поведінки об'єкта діагностики – це максимально точна і достовірна оцінка його поточного і майбутнього стану. Тому, зокрема, на етапах 1 і 2 спрощення виду і структури моделі не може і не повинно бути визначальним фактором для дослідника, а на етапах 5 і 6 при оцінці адекватності моделі статистичні оцінки параметрів моделі повинні, безумовно, бути ефективними, вірними і незміщеними з дуже високим ступенем точності (ймовірності).

Прикладом практичного впровадження подібного алгоритму побудови прогностичної моделі є система управління та контролю технічного обслуговування і ремонту магістральних нафтопроводів "СКУТОР" [10]. Система використовується для забезпечення надійності, екологічної безпеки і зниження аварійності магістральних нафтопроводів. У цій системі були проведені роботи по створенню інформаційно аналітичної системи для визначення технічного стану нафтопроводів, обсягів часу і витрат для підтримки їх працездатності, а також обсягів капітального ремонту на основі технічної діагностики.

### Висновки

Запропонована агрегована процедура побудови моделі поведінки об'єкту дослідження придатна для дослідження поведінки будь-якого потенційно небезпечного об'єкта. Разом з тим, використання запропонованого алгоритму для моделювання поведінки таких об'єктів, має свою специфіку. Оскільки метою моделювання поведінки потенційно небезпечних об'єктів є забезпечення безпечного режиму їх функціонування, основні завдання моделювання і подальшого аналізу можливої поведінки об'єкта діагностики - максимально точна і достовірна оцінка його поточного і майбутнього стану. Тому, зокрема, на етапах 1 і 2 спрощення виду і структури моделі не може і не повинно бути визначальним фактором для дослідника, а на етапах 5 і 6 при оцінці адекватності моделі статистичні оцінки параметрів моделі повинні, безумовно, бути ефективними, вірними і незміщеними з дуже високим ступенем точності (ймовірності).

### Відомості про авторів (About authors)

**Колдун Максим Миколайович** – бакалавр, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», студент; м. Київ, Україна; ORCID: 0000-0001-7398-5056; e-mail: koldun.maks@gmail.com.

**Maksym Koldun** – Bachelor Degree (Bc. D.), Student, Department АТЕР, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-7398-5056; e-mail: koldun.maks@gmail.com.

### Список літератури

1. Системи, додатки та продукти, центр новин. URL: <https://news.sap.com> (дата звернення 21.04.2020).
2. Консультативний дослідницький центр, консультативна група. URL: <https://www.arcweb.com> (дата звернення: 21.04.2020).
3. McCarthy R. V. *Applying Predictive Analytics. Finding Value in Data*. Springer-Verlag, 2019. P. 2-5. doi:10.1007/978-3-030-14038-0.
4. Кутуков С. Е. *Информационно-аналитические системы магистральных трубопроводов*. М.: СІП РІА, 2002. 324с.
5. Pirc J., Desanto D., Davison I., Gragido W. *Threat Forecasting*. Elsevier. 2016. P. 17-27. doi:10.1007/978-3-030-14038-0.
6. Fischetti T., Mayor E., Miguel R. R. *Predictive Analysis*. UK, Packt Publishing, 2017. 1261 p.
7. Саркисян С. А., Голованов Л. В. *Прогнозирование развития больших систем*. М.: Статистика, 1975. 192 с.
8. Winters R. R. *Practical Predictive Analytics*. UK, Packt Publishing, 2017. 651 p.
9. Abbot D. *Applied Predictive Analytics*. Wiley Publishing, 2014. 427 p. doi: 10.5555/2670086.
10. Махутов Н. А., Пермяков В. Н., Ахметханов Р. С. *Диагностика и мониторинг состояния сложных технических систем*. Тюмень: ТИУ, 2017. 632 с.

### References (transliterated)

1. Systems, Applications and Products News Center. Available at: <https://news.sap.com> (accessed 21.04.2020).
2. Advisory Research Center Advisory Group. Available at: <https://www.arcweb.com> (accessed 21.04.2020).
3. McCarthy R. V. *Applying Predictive Analytics. Finding Value in Data*. Springer-Verlag, 2019. p. 2-5, doi:10.1007/978-3-030-14038-0.
4. Kutukov S. E. *Informatsionno-analiticheskie sistemyi magistralnyih truboprovodov* [Information and analytical systems of trunk pipelines]. М.: SAP RIA, 2002. 332 p.
5. Pirc J., Desanto D., Davison I., Gragido W. *Threat Forecasting*. Elsevier, 2016. pp. 17-27, doi:10.1016/B978-0-12-800006-9.00002-1.
6. Fischetti T., Mayor E., Miguel R. R. *Predictive Analysis*. UK, Packt Publishing, 2017. 1261 p.
7. Sargsyan S. A., Golovanov L. V. *Prognozirovanie razvitiya bolshih sistem* [Prediction of the development of large systems]. М.: Statistics, 1975. 192 p.
8. Winters R. R. *Practical Predictive Analytics*. UK, Packt Publishing, 2017. 651 p.
9. Abbot D. *Applied Predictive Analytics*. Wiley Publishing, 2014. 427 p., doi: 10.5555/2670086.
10. Makhutov N. A., Permyakov V. N., Akhmetkhanov R. S. *Diagnostika i monitoring sostoyaniya slozhnyih tehnikeskikh sistem* [Diagnosis and monitoring of complex technical systems]. Tyumen: TIU, 2017. 632 p.

**Грудзинський Юліан Євгенійович** – старший викладач кафедри АТЕП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна; ORCID: 0000-0001-9220-0621; e-mail: jug@sonettele.com.

**Julian Hrudzynskiy** - Senior Lecturer, Department АТЕP, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-9220-0621; e-mail: jug@sonettele.com.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

Колдун М. М., Грудзинський Ю. Є. Побудова алгоритму прогностичної моделі при створенні предиктивного модуля передбачення нештатних ситуацій в роботі автоматизованої системи керування технологічними процесами. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2 (4). С. 58-63. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.08.

*Please cite this article as:*

Koldun M., Hrudzynskiy J. Construction of the algorithm of the forecast model at creation of the module of prediction of emergency situations in work of the industrial automation and control systems. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 2 (4), pp. 58-63, doi:10.20998/2413-4295.2020.02.08.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

Колдун М. М., Грудзинский Ю. Е. Построение алгоритма прогностической модели при создании предиктивного модуля предсказания нештатных ситуаций в работе автоматизированной системы управления технологическими процессами. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 2 (4). С. 58-63. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.08.

**АННОТАЦІЯ** В статті пропонується методологія створення моделі роботи прогнозирующей системи для технологических объектов управления сложными либо критическими производствами. Для этого предложено использовать итерационный алгоритм прогнозирования технического состояния объекта, построенный на использовании статистических методов обработки временных рядов показаний объектовых датчиков и включающий в себя несколько шагов. Шаги алгоритма реализуют: формализацию априорных данных, которые имеют отношение к построению модели, в виде входного управляющего фактора  $X$  и выходного контролируемого вектора параметров  $y$ ; выдвижение гипотезы о структуре модели по результатам ранжирования входных управляющих факторов; выбор алгоритма получения информации с объекта управления в соответствии со структурой модели и итерационным алгоритмом; выбор реализации алгоритма съема информации в соответствии с требуемой точностью измерений входных параметров управляющих факторов и оценки влияния возмущающих воздействий; оценку параметров модели, используя стандартные математические процедуры статистической обработки данных с исключением слабо значащих параметров; проверку адекватности модели с возможным повторением всей процедуры с целью улучшения характеристик модели. Предложенная агрегированная процедура построения модели поведения объекта исследования пригодна для исследования поведения большинства потенциально опасных технологических объектов управления. Процедура позволяет удешевить и упростить разработку модели потенциально опасных объектов, обеспечить безопасный режим их функционирования и оценку их текущего и будущего состояний, снизить расходы на эксплуатацию.

**Ключевые слова:** теплоенергетика; формализация; оценка; прогнозирование; моделирование; производство; агрегирование; параметры; итерационный алгоритм

Надійшла (received) 22.05.2020