

УДК 04.5

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-6>

**Микола КУВАЄВ**

кандидат технічних наук, науковий співробітник Інституту транспортних систем і технологій НАН України, вул. Писаржевського 5, м. Дніпро, Україна, 49005

ORCID: 0000-0002-8560-5433

Scopus Author ID: 56996087200

**Леонід МЕЩЕРЯКОВ**

доктор технічних наук, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005

ORCID: 0000-0002-9579-1970

Scopus Author ID: 57205282540

**Альона ХАРЬ**

асистент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005

ORCID: 0000-0003-3176-7792

**Артем ПОЛІТОВ**

студент факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49000

ORCID: 0000-0003-2822-8026

**Бібліографічний опис статті:** Куваєв, М., Мещеряков, Л., Харь, А., Політов, А. (2024). Інтерфейс програмного супроводження складних інформаційно-керуючих систем автоматизації, критичних до режиму реального часу. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 41–49, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-6>

## ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КРИТИЧНИХ ДО РЕЖИМУ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Одним з напрямків впровадження комп'ютерних технологій автоматизації технологічних процесів є їх застосування при модернізації діючих промислових об'єктів. Як правило така модернізація відбувається за двома найбільш розповсюдженими підходами. Перший підхід передбачає зупинку технологічного процесу на достатньо тривалий час для монтажу і налагодження оновлених систем автоматизації, другий – поетапне їх оновлення з монтажем і налаштуванням як у планові ремонти і зупинки технологічного процесу, так і під час штатної роботи. В обох випадках традиційним став підхід, що базується на застосуванні дворівневої ієрархічної системи автоматизації в якій на нижньому рівні ієрархії використовуються контролери для отримання інформації з об'єкта керування і видачі на останній керуючих впливів, у тому числі – в автоматичному режимі, а на верхньому – реалізується людино-машинний інтерфейс оператора технолога. У той же час у другому випадку для скорочення строків налагодження програмного забезпечення, що реалізує додатковий функціонал при розширенні системи, доцільно проводити безпосередньо на працюючій системі. Це дозволяє прискорити час налагодження, але несе додаткові ризики розширення часових рамок виконання запрограмованого алгоритму системи, що вже експлуатується, за часові рамки які були раніш визначені при його розробці. Особливо це небезпечно для тих функцій системи, що є критичними до режиму реального часу. Таким чином існує задача оперативного контролю функціонування програмного забезпечення технічних систем критичних до режиму реального часу. Одним з напрямків вирішення цієї задачі є створення підсистеми програмного супроводження в разі розробки складних інформаційно-керуючих систем автоматизації критичних до режиму реального часу. Сучасні SCADA-системи, які застосовуються для програмування таких систем, надають різноманітний інструментарій для організації HMI-інтерфейсу з оператором-технологом у той же час питання організації інтерфейсу програміста, що спрощує налагодження складних інформаційно-керуючих систем автоматизації критичних до режиму реального часу залишилися поза уваги їх розробників. Тому досвід створення інтерфейсу програ-

міста систем керування швидкісним режимом прокатки безперервного прокатного стану ПАО «Арселор-Міттал Кривий Ріг», можуть бути використані для подальшого розвитку SCADA-систем.

**Метою роботи** є обґрунтування рішень щодо структури і функціоналу інтерфейсу програміста складних систем автоматизації критичних до режиму реального часу. Реалізація поставленої мети передбачає обґрунтування структури інтерфейсу з урахуванням функціональних і структурних особливостей системи автоматизації і форм подання інформації щодо різних програмних параметрів, що полегшує налагодження програмного забезпечення системи на об'єкті керування і дозволяє online контролювати реалізацію їм режиму реального часу.

**Методологія** вирішення поставленого завдання полягає у аналізі і структуруванні масиву інформації, що використовує системний програміст, який виконує налагодження і супроводження системи автоматизації, що критична до режиму реального часу з подальшому її групуванню за функціональними ознаками.

**Наукова новизна** полягає у обґрунтуванні доцільності і необхідності доповнення традиційного людино-машинного інтерфейсу SCADA-систем функціоналом, що забезпечує супроводження програмного забезпечення систем автоматизації.

**Ключові слова:** SCADA-система, людино-машинний інтерфейс, програмне супроводження систем автоматизації.

### **Mykola KUVAEV**

Candidate of Technical Sciences, Researcher Institute of Transport Systems and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, 5, Pisarzhevsky Str., Dnipro, Ukraine, 49000, kuvaevnv@ukr.net

**ORCID:** 0000-0002-8560-5433

**Scopus Author ID:** 56996087200

### **Leonid MESHCHERIAKOV**

Doctor of Engineering, Professor of Department of Software Engineering, Dnipro University of Technology, 19, Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, meshcheriakov.l.i@nmu.one

**ORCID:** 0000-0002-9579-1970

**Scopus Author ID:** 57205282540

### **Alona KHAR**

Assistant Lecturer of Department of Software Engineering, Dnipro University of Technology, 19, Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, khar.a.t@nmu.one

**ORCID:** 0000-0003-3176-7792

### **Artem POLITOV**

Student of the Faculty of Physics, Electronics and Computer Systems, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Gagarina ave., Dnipro, Ukraine, 49000, politov3601@gmail.com

**ORCID:** 0000-0003-2822-8026

**To cite this article:** Kuvaev, M., Meshcheriakov, L., Khar, A., Politov, A. (2024). Interfeis prohramnoho suprovodzhennia skladnykh informatsiino-keruiuchykh system avtomatyzatsii, krytychnykh do rezhyму realnoho chasu [The software support interface for complex information and control systems of automation critical to the real-time mode]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 41–49, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-6>

## **THE SOFTWARE SUPPORT INTERFACE FOR COMPLEX INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS OF AUTOMATION CRITICAL TO THE REAL-TIME MODE**

One of the introduction areas of computer technologies for the technological processes automation is their application in the modernization of existing industrial facilities. As a rule, such modernization takes place according to the two most common approaches. The first approach involves stopping the technological process for a sufficiently long time for installation and debugging of updated automation systems, the second – their step-by-step update with installation and adjustment both during planned repairs and stoppages of the technological process, and during regular work. In both cases, an approach based on the application of a two-level hierarchical automation system has become traditional, in which controllers are used at the lower level of the hierarchy to receive information from the control object and issue control influences on the latter, including in automatic mode, and at the upper level – the man-machine interface of the technologist operator is implemented. At the same time, in the second case, in order to shorten the debugging time of the software that implements additional functionality when expanding the system, it is advisable to conduct it directly on the working system. This allows you to speed up the debugging time but

carries additional risks of extending the time frame for executing the programmed algorithm of the system that is already in operation beyond the time frame that was previously determined during its development. This is especially dangerous for those system functions that are critical to the real-time mode. Thus, there is a task of operational control of the functioning of the technical systems software critical to the real-time mode. One of the directions for solving this problem is the creation of a subsystem of software support in the case of the development of complex information and control automation systems critical to the real-time mode. Modern SCADA systems used for programming such systems provide a variety of tools for the organization of the NMI interface with the operator-technologist, at the same time, the issues of organizing the programmer interface, which simplifies the setup of complex information and control automation systems critical to the real-time mode, have been neglected their developers. Therefore, the experience of creating a programmer's interface for controlling the high-speed rolling mode of a continuous rolling mill of PJSC ArcelorMittal Kryvyi Rih can be used for the further development of SCADA systems.

**The purpose of the work** is to substantiate decisions regarding the structure and functionality of the programmer's interface of complex automation systems critical to the real-time mode. The realization of the set goal involves substantiating the structure of the interface considering the functional and structural features of the automation system and the forms of presenting information about various program parameters, which facilitates the debugging of the system software on the control object and allows online monitoring of its implementation in real-time mode.

**The methodology** for solving the given task consists in the analysis and structuring of information array used by the system programmer, who performs debugging and maintenance of the automation system, which is critical to the real-time mode, followed by its grouping according to functional characteristics.

**The scientific novelty** consists in substantiating the expediency and necessity of supplementing the traditional human-machine interface of SCADA systems with functionality that provides support for the software of automation systems.

**Key words:** SCADA system, human-machine interface, software support of automation systems.

**Актуальність проблеми.** Сучасні комп'ютерні технології з автоматизації технологічних процесів найшли широке застосування не тільки при автоматизації нових промислових об'єктів а і при модернізації діючих без заміни безпосередньо самого технологічного обладнання. Така модернізація відбувається за двома найбільш розповсюдженими підходами. Перший підхід передбачає зупинку технологічного процесу на достатньо тривалий час для монтажу і налагодження оновлених систем автоматизації, другий – поетапне їх оновлення з монтажем і налаштуванням як у планові ремонти і зупинки технологічного процесу, так і під час штатної роботи. В обох випадках традиційним став підхід, що базується на застосуванні дворівневої ієрархічної системи автоматизації в якій на нижньому рівні ієрархії комп'ютерна система автоматизації забезпечує отримання інформації з об'єкта керування і видачу на останній керуючих впливів, у тому числі – в автоматичному режимі, а на верхньому – реалізується людино-машинний інтерфейс оператора технолога. У той ж час питання скорочення строків налагодження і полегшення поточного супроводження таких систем автоматизації залишились поза уваги розробників інструментарію для розробки таких систем, перш за все – SCADA-систем. Наявність додаткового функціоналу, що дає змогу контролювати функціонування прикладного програмного забезпечення в процесі його поточної роботи, стає в нагоді при розширенні функцій працюючої системи. Тут слід зазначити, що таке розширення дозволяє суттєво прискорити час налагодження, але несе

додаткові ризики розширення часових рамок виконання запрограмованого алгоритму системи що вже експлуатується, за часові рамки які були раніш визначені при його розробці. Особливо це небезпечно для тих функцій системи, що є критичними до режиму реального часу. Таким чином існує задача оперативного контролю функціонування програмного забезпечення технічних систем критичних до режиму реального часу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для організації людино-машинних інтерфейсів (HMI – Human-Machine Interface) сучасних систем технологічної автоматизації найбільше поширення знайшли програмні пакети SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерське управління та збір даних) (Пупена, 2020; Bailey, 2005; activolt.com.ua; sora-data.com.ua). Ці пакети орієнтовані на програмування інтерфейсу операторів технологічних процесів і мають достатньо схожий програмний інструментарій який орієнтований на достатньо стандартний набір функцій інтерфейсу оператора технологічного процесу. До таких функцій належить, зокрема такі як:

- збирання інформації про контрольовані технологічні параметри та параметри, що характеризують режим роботи та стан обладнання яке забезпечує технологічний процес, (даних реального часу) з контролерів та засобів віддаленого введення/виведення і її вторинне оброблення інформації (масштабування, обмеження вводу, перевірка коректності тощо);

- графічне представлення стану технологічного процесу і устаткування в зручній для

сприйняття формі у вигляді мнемосхем та можливості приймання команд оператора з керування технологічним процесом за допомогою графічних елементів керування і передачу їх на контролер, або засіб віддаленого виведення;

- сповіщення експлуатаційного і обслуговуючого персоналу про виявлені аварійні події в технологічному процесі і програмно-апаратних засобах з фіксацією в електронних журналах виникнення таких подій у контрольованому технологічному процесі та дій експлуатаційного персоналу;

- збереження даних реального часу в архівах даних і графічне представлення історичної інформації в зручній для сприйняття формі у вигляді графіків, гістограм тощо та формування звітів на основі архівної інформації даних реального часу та електронних журналів аварійних подій і тривог;

та деякі додаткові функції, що забезпечують інтеграцію системи технологічної автоматизації з автоматизованими системами керування виробництвом та підприємством, створення оперативних календарних планів керування устаткуванням, захист від несанкціонованого доступу до компонентів і файлів, формування, записування, читання та збереження даних у вигляді рецептів.

Слід зазначити, що є деякі відмінності у реалізації цих функцій у різних виробників SCADA-систем – з прикладами можна ознайомитися в (Пупена, 2020), але набір самих функцій достатньо стандартний і не передбачає пряму підтримку функцій що до технічного і програмного супроводження складних систем автоматизації та забезпечення додаткових сервісів таких систем для полегшення їх налагодження. Це ускладнює налагодження систем автоматизації, особливо при поетапному вводі їх в експлуатацію.

Іншим напрямом побудови складних систем технологічної автоматизації є їх побудова на базі операційних системи реального часу (Зайцев, 2019). Так операційна система реального часу QNX була використана для реалізацій програмних рішень по забезпеченню надійного функціонування складної інформаційно-керуючої системи автоматизації сортової лінії клітей дрібносорнодротового прокатного стану ДДС-250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Куваєв, 2021). Для програмування інтерфейсу як оператора-технолога так і персоналу, що забезпечував налагодження і супроводження системи автоматизації, використовувалася графічна оболонка Photon, що працює під керівництвом операційної системи реального часу QNX (rts.ua).

Слід зазначити, що засоби графічної оболонки Photon надають інструментарій реалізації інтерфейсу оператора без прив'язки до його функціоналу, рішення по його структурі, інформаційної насиченості, форми надання інформації тощо лежать на розробнику. В роботі (Куваєв, 2023/1) описаний HMI оператора-технолога, що було виконано з використанням графічної оболонки Photon, а в (Куваєв, 2023/2) – персоналу, що супроводжує технічне забезпечення системи автоматизації. У той же час питання розробки інтерфейсу програмного супроводження систем автоматизації в неї не розглядалися.

**Метою статті** є обґрунтування рішень що до структури і функціоналу інтерфейсу програміста складних систем автоматизації критичних до режиму реального часу. Реалізація поставленої мети передбачає обґрунтування структури інтерфейсу з урахуванням функціональних і структурних особливостей системи автоматизації і форм подання інформації щодо різних програмних параметрів, що полегшує налагодження програмного забезпечення системи на об'єкті керування і дозволяє on-line контролювати реалізацію їм режиму реального часу.

**Виклад основного матеріалу.** При впровадженні систем автоматизації технологічних процесів одним з найбільш відповідальним етапом є налагодження системи на технологічному об'єкті керування і введення її в експлуатацію. На нових об'єктах системи автоматизації налагоджуються в рамках загального налаштування і відпрацювання всього технологічного процесу і практично не впливають на час вводу об'єкта керування в експлуатацію. Зовсім інша картина має місце при модернізації систем автоматизації на діючих об'єктах – процес налагодження супроводжується поза плановими, або запланованими зупинками технологічного процесу для перевірки системи автоматизації, яка налагоджується, що призводить до втрат у виробництві. Сучасні комп'ютерні технології зі створення систем автоматизації технологічних процесів дозволяють відпрацювати більшість алгоритмів на імітаторах до встановлення обладнання на об'єкті, але питання динамічної взаємодії окремих задач і впливу на роботу прикладного програмного забезпечення системи позаштатних ситуацій, що супроводжують функціонування технологічного об'єкта керування, потребують відпрацювання в умовах діючого технологічного процесу. Ще більша важливість у інструментарії, який би полегшив відпрацювання прикладного програмного забезпечення безпосередньо на об'єкті керування, виникає у випадку розширенні функціональних можливостей діючої

комп'ютерної системи автоматизації. Таке розширення відбувається, як правило, додаванням у існуюче обладнання (контролери) відповідних модулів вводу/виводу і інтеграцію в діюче прикладне програмне забезпечення прикладних програм, що реалізують додатковий функціонал. Слід зазначити, що питання створення інструментарію який полегшує відпрацювання і супроводження прикладного програмного забезпечення безпосередньо на об'єкті керування залишилися поза увагою розробників і користувачів програмних пакетів SCADA-систем,

Задача створення зручного людино-машинного інтерфейсу для відпрацювання і супроводження прикладного програмного забезпечення безпосередньо на діючому об'єкті керування складної комп'ютерної системи, критичної до режиму реального часу вирішувалася при впровадженні і супроводженні комп'ютерної системи керування швидкісним режимом прокатки сортової лінії дрібносоротно-дротового стана ДСДС 250/150 та комп'ютерної системи керування швидкісним режимом прокатки чистової групи клітей дрібносоротного стана ДСС 250-2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

З функціональною структурою і основними програмними рішеннями системи для дрібносоротно-дротового стана ДСДС 250/150 можна ознайомитися в (Куваєв, 2021). Людино-машинний інтерфейс для супроводження як технічного забезпечення (Куваєв, 2023/2), так і програмного забезпечення комп'ютерної системи керування швидкісним режимом прокатки створювалися як окремі підсистеми, доступ до яких здійснювався з НМІ оператора технолога опис якої наведено в (Куваєв, 2023/1).

Система для лівої чистової групи клітей дрібносоротного стана ДСС 250-2 за основними рішеннями аналогічна системі для ДСДС 250/150, але передбачалось її подальше розширення на другу, праву, чистову і чорнову групи клітей цього стана. Загальна структура технічних засобів системи включає такі комп'ютерні вузли як основний і резервний керуючі обчислювальні вузли, що встановлені у машинному залі прокатного стана, та вузол оператора-технолога лівої чистової групи клітей (кліті № 8–№ 15), що встановлений на посту керування ПК-6. Передбачалося подальше розширення системи на праву чистову групу клітей (кліті № 16–№ 23), що керувалася з поста керування ПК-5, та чорнову групу клітей (кліті № 1–№ 7), що керувалася з поста керування ПК-4, з встановлення відповідних вузлів керування операторов-технологів на ПУ-4, ПУ-5.

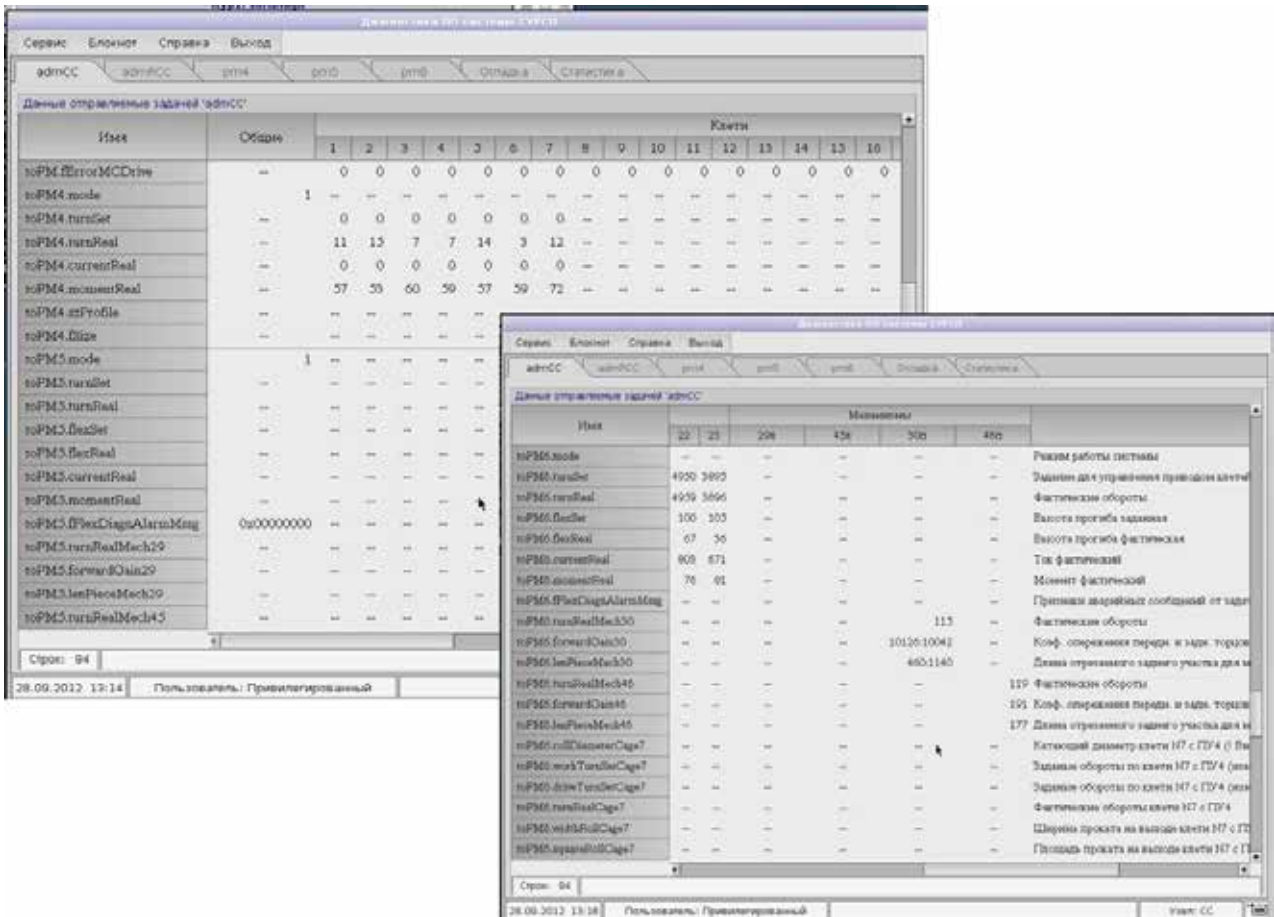
При створенні людино-машинного інтерфейсу супроводження програмного забезпечення для систем керування швидкісним режимом прокатки сортової лінії дрібносоротно-дротового стана ДСДС 250/150 і чистової групи клітей дрібносоротного стана ДСС 250-2 використовувалися ті ж самі підходи, що і при створенні підсистем технічного супроводження цих систем яке описано у (Куваєв, 2023/2), але вони були адаптовані до особливостей структури програмного забезпечення і інформації, яка є актуальною при аналізі його функціонуванні.

Програмне забезпечення системи дрібносоротного стана ДСС 250-2 на відміну від програмного забезпечення систем керування швидкісним режимом прокатки сортової лінії дрібносоротно-дротового стана ДСДС 250/150, що наведена в (Куваєв, 2021) і в який кожна функціональні задачі працює на обчислювальному вузлі як окремий процес, такі задачі працюють як потоки в складі єдиного процесу для всього обчислювального вузла. Це суттєво спростило і скоротило час обміну даними між функціональними задачами, що працюють на відповідному обчислювальному вузлі.

Розглянемо структуру і функціонал людино-машинного інтерфейсу супроводження програмного забезпечення на прикладі такого інтерфейсу системи керування швидкісним режимом прокатки чистової групи клітей дрібносоротного стана ДСС 250-2. Вигляд його основних сторінок наведено на рис. 1–3.

Так кожному обчислювальному вузлу відведена своя сторінка блокнота, а саме: сторінки блокнота admCC і admRCC (див. рис. 1) відведені для змінних, що використовуються в програмах основного і резервного керуючого обчислювальних вузлів відповідно, сторінка блокнота rт6 (див. рис. 2) відведена для змінних програм обчислювального вузла оператора ПК-6, а сторінки блокнота rт4, rт5 зарезервовані для змінних програм обчислювальних вузлів операторів ПК-4, ПК-5.

Як ми бачимо з рис. 1, 2 всі змінні за стовпчиками згруповані відповідно до клітей, з якими вони пов'язані, а за рядками – за назвою параметра, що описує відповідна змінна. Окремо виділено стовпчик в якому розміщено параметри, що є спільними для всіх клітей одночасно або для вузла в цілому. Крайній правий рядок дає розшифровку параметра який описує кожна змінна. Таке надання інформації дає змогу, з одного боку, комплексно аналізувати поточний стан кожної кліті, а з іншого – динаміку реакції програмного забезпечення обчислювального вузла на перехідні режими роботи прокатного



**Рис. 1. Людино-машинний інтерфейс супроводження програмного забезпечення системи керування швидкісним режимом прокатки чистої групи клітей дрібносортового стану ДСС 250-2. Сторінка керуючого обчислювального вузла admCC**

стану, наприклад, послідовного проходження клітей заготовкою в процесі її прокатки.

Комплексний аналіз роботи програмного забезпечення системи керування швидкісним режимом прокатки здійснюється по інформації, що надається на сторінки «Статистика» (див. рис. 3). Інформація, що надається на цій сторінці дає змогу проаналізувати поточний стан потоків, дотримання поточним програмним забезпеченням вимог режиму реального часу його функціонування та наявність резервів щодо розширення його функціонального навантаження.

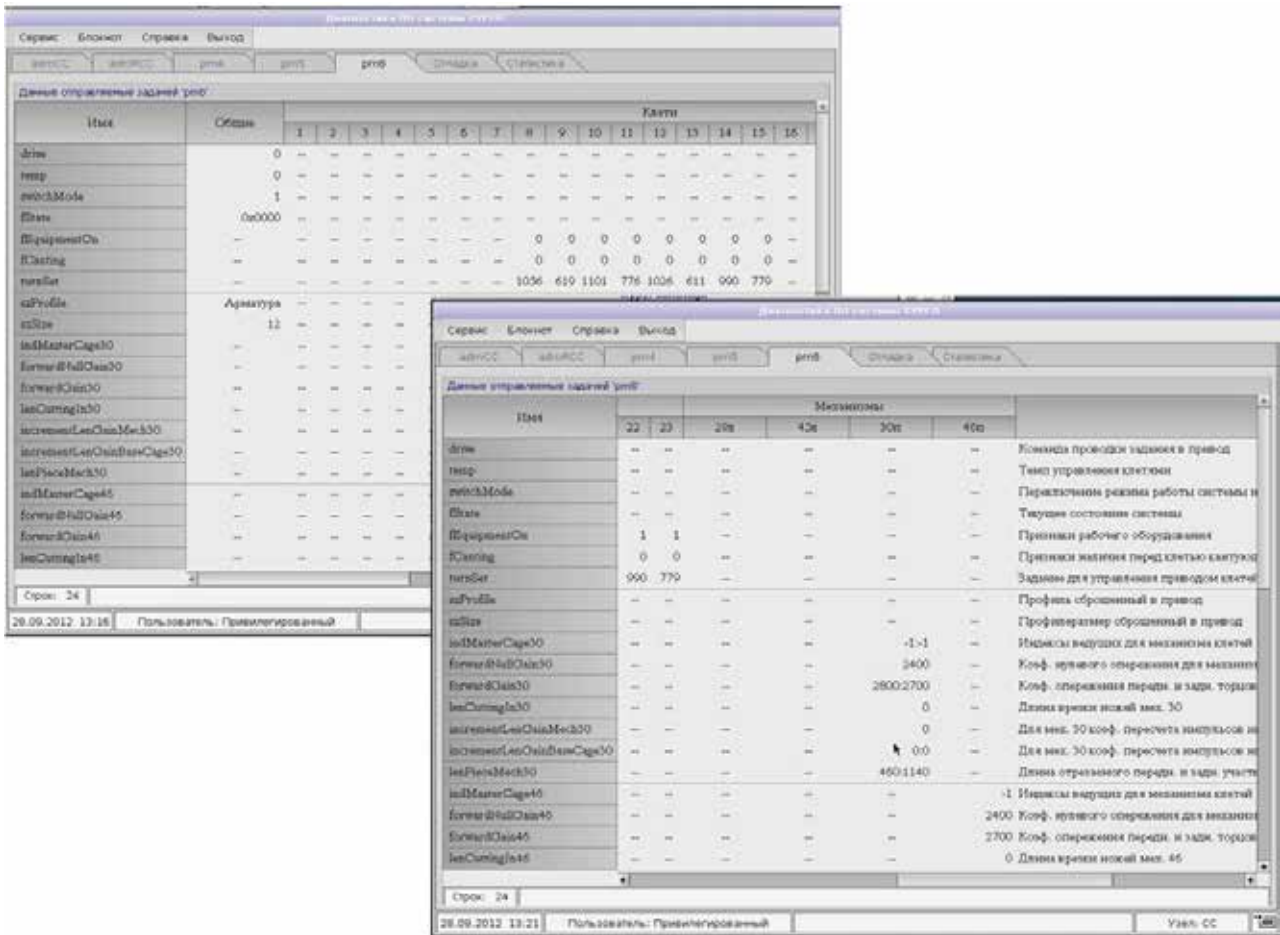
Сторінка блокнота «Статистика» включає такі стовпці: «Ім'я», «Вузол», «Розмір повідомлення», «Стан», «Watchdog лічильник», «Період роботи [мс]».

Стисло розглянемо інформацію, що наведена в строках. В стовбці «Ім'я» наведені імена процесів (притиснуті до лівої границі стовбця), а безпосередньо під кожним ім'ям процесу, зі зсувом відносно лівої границі стовбця, в рядках надані імена потоків цього процесу.

У наступному стовпці «Вузол», у рядку в якому надано ім'я процесу, надана аббревіатура обчислювального вузла на якому працює цей процес, а в стовпці «Розмір повідомлення» – розмір повідомлення у байтах яким цей процес чи потік обмінюється з підсистемою супроводження програмного забезпечення. В стовбці «Стан» визначено чи є цей процес чи потік у нормальному активному стані (стан «норма») чи у стані «зомбі», тобто у стані завершення чи закритий (стан «вмер»).

Стовпчики «Watchdog лічильник» та «Період роботи [мс]» дають змогу контролювати дотримання режиму реального часу кожного з потоків і, в кінцевому випадку, оцінити запас часу для розширення функціонального навантаження програмних потоків та можливостей до додавання нових потоків в програмне забезпечення обчислювальних вузлів. «Watchdog лічильник» інкрементується у кожному окремому потоці системи керування швидкісним режимом прокатки з періодичністю роботи цього потоку. За зміною «Watchdog лічильника» розраховується





**Рис. 2. Людино-машинний інтерфейс супроводження програмного забезпечення системи керування швидкісним режимом прокатки чистої групи клітей дрібносортового стана ДСС 250-2. Сторінка обчислювального вузла оператора поста керування ПК-6 рт6**

періодичність роботи відповідного потоку, яка відображається у комірки стовпчика «Період роботи [мс]» відповідного потоку. У разі виходу значення періоду за запланований поріг, залежно від важливості завдання, що виконується потоком, приймається одна з наступних дій:

- розширюється запланований період роботи потоку;
- змінюється пріоритет виконання потоку відповідно до інших потоків;
- змінюється алгоритм роботи потоку таким чином, щоб він вкладався у відведений йому час виконання.

Сторінка «Налагодження» дозволяє за потреби програміста виводити на екран будь яку контрольну інформацію, яку програміст запрограмував заздалегідь, і активував при перезавантаженні системи керування.

Досвід налагодження складних багатofункціональних та критичних к режиму реального часу систем керування швидкісним режимом прокатки показав доцільність розробки в їх

складі підсистем програмного супроводження, що забезпечує скорочення часу налагодження системи і дозволяє виконувати більш глибокий аналіз коректності функціонування програмного забезпечення безпосереднє в процесі керування системою промисловим об'єктом.

**Висновки.** При розробці складних інформаційно-керуючих систем автоматизації критичних до режиму реального часу слід передбачати крім традиційного людино-машинного інтерфейсу оператора-технолога ще й людино-машинний інтерфейс програмного супроводження цієї системи, що скорочує витрати часу на її налагодження і супроводження. Такий інтерфейс повинен забезпечувати швидкий і зручний доступ до програмних змінних що характеризують процес керування технологічним об'єктом та надавати інструментарій для контролю дотримання режиму реального часу та дозволяти оцінити резерви часу для розширення функціональних можливостей системи автоматизації.

Ім'я	Узел	Розмер об'єкта	Стан	Watchdog считок	Період роботи (мс)
aduCC	CC	2010	норма	0	--
tdDataLogin	--	0	норма	5573	100.000
tdDesk	--	0	норма	11017	50.000
tdDrive	--	0	норма	29360	20.000
tdLink	--	0	норма	59128	10.000
tdTaskWatchDog	--	0	норма	0	--
aduRCC	--	2010	умерла	0	--
tdDataLogin	--	0	умерла	0	--
tdDesk	--	0	умерла	0	--
tdDrive	--	0	умерла	0	--
tdLink	--	0	умерла	0	--
tdTaskWatchDog	--	0	умерла	0	--
pm4	--	111	умерла	0	--
tdOdate	--	0	умерла	0	--
pm5	--	133	умерла	0	--
tdOdate	--	0	умерла	0	--
pm5	CC	133	норма	0	--
tdOdate	--	0	норма	1127	500.000
basICop	--	90	умерла	0	--
tdOdate	--	0	умерла	0	--
dataViewCC	--	0	умерла	0	--

**Рис. 3. Людино-машинний інтерфейс супроводження програмного забезпечення системи керування швидкісним режимом прокатки чистової групи клітей дрібносортового стана ДСС 250-2. Сторінка «Статистика»**

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Пупена О.М. Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI: Навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 594 с. <https://pupenasan.github.io/hmibook> (дата звернення 11.05.2023)
2. Bailey D., Wright E. Practical SCADA for Industry. – Newnes, 2005. 304 p.
3. Автоматизована система диспетчерського керування WindEx. URL: [https://activolt.com.ua/wp-content/uploads/2021/04/windex-2\\_2021.pdf](https://activolt.com.ua/wp-content/uploads/2021/04/windex-2_2021.pdf) (дата звернення 24.04.2023).
4. Навчальні матеріали SCADA zenon. Базовий курс. URL: [http://www.copa-data.com.ua/files/pdf/zenon\\_basic\\_training\\_UKR.pdf](http://www.copa-data.com.ua/files/pdf/zenon_basic_training_UKR.pdf) (дата звернення 24.04.2023).
5. Зайцев В.Г., Цибаєв Є.І. Комп'ютерні системи реального часу. Навчальний посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 162 с.
6. Куваєв В., Іщук П., Політов А., Буряк В. Програмні рішення по забезпеченню надійного функціонування складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 2021, № 1, с. 16–24. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-1-3>
7. Графічна оболонка Photon – революція у світі інтерфейсів. URL: <https://www.rts.ua/rus/articles/360/0/32/> (дата звернення 24.04.2023).
8. В. Куваєв, Л. Мещеряков, А. Харь, А. Політов. Розробка інтерфейса оператора складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 2023, № 1, с. 50–57. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-7>
9. В. Куваєв, Л. Мещеряков, А. Харь, А. Політов. Інтерфейс технічного супроводження складних інформаційно-керуючих систем автоматизації. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 2023, № 2, с. 26–33. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-2-3>

#### REFERENCES:

1. Pupena, O. M. (2020). Rozroblennia liudyno-mashynnykh interfeisiv ta system zbyrannia danykh z vykorystanniam prohrannykh zasobiv SCADA/HMI: Navch. posib. [Development of human-machine interfaces and data collection systems using SCADA/HMI software]. Kyiv: Lira-K [in Ukrainian].
2. Bailey, D., Wright, E. (2005). Practical SCADA for Industry. Newnes.



3. Avtomatyzovana systema dyspetcherskoho keruvannia WindEx [WindEx automated dispatch control system]. *activolt.com.ua*. Retrieved from [https://activolt.com.ua/wp-content/uploads/2021/04/windex-.2\\_2021.pdf](https://activolt.com.ua/wp-content/uploads/2021/04/windex-.2_2021.pdf) [in Ukrainian].
4. Navchalni materialy SCADA zenon. Bazovyi kurs [Educational materials SCADA zenon. Basic course]. *copa-data.com.ua*. Retrieved from [http://www.copa-data.com.ua/files/pdf/zenon\\_basic\\_training\\_UKR.pdf](http://www.copa-data.com.ua/files/pdf/zenon_basic_training_UKR.pdf) [in Ukrainian].
5. Zaitsev, V. G. & Tsybaev, E. I. (2019). Kompiuterni systemy realnogo chasu. Navchalnyi posibnyk [Real-time computer systems. Tutorial]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho [in Ukrainian].
6. Kuvaiev, V., Ishchuk, P., Politov, A. & Buriak, V. (2021). Prohramni rishennia po zabezpechenniu nadiinoho funktsionuvannia skladnykh informatsiino-keruiuchykh system krytychnykh do rezhymu realnogo chasu [Software solutions to ensure the reliable operation of complex information and control systems critical to real-time]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 16–24. [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-1-3>
7. Hrafichna obolonka Photon – revoliutsiia u sviti interfeisiv [The Photon graphic shell is a revolution in the world of interfaces]. *rts.ua*. Retrieved from <https://www.rts.ua/rus/articles/360/0/32/> [in Ukrainian].
8. Kuvaev, V., Meshcheriakov L., Khar A. & Politov A. (2023). Rozrobka interfeisu operatora skladnykh informatsiino-keruiuchykh system krytychnykh do rezhymu realnogo chasu [Development of the operator interface of complex information and control systems critical to the real-time mode]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 41–48. [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-7>
9. Kuvaev, V., Meshcheriakov L., Khar A. & Politov A. (2023). Interfeis tekhnichnoho suprovodzhennia skladnykh informatsiino-keruiuchykh system avtomatyzatsii [Interface for technical support of complex automation information control systems]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 26–33. [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2023-2-3>