

УДК 681.325.2:621.771.25

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2021-1-3>

Володимир КУВАЄВ

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

ORCID: 0000-0001-6329-071X

Scopus Author ID: 6602411915

Павло ІЩУК

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

ORCID: 0000-0001-6399-6771

Артем ПОЛІТОВ

студент факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49000, politov3601@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2822-8026

Владислав БУРЯК

студент спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» другого (магістерського) рівня вищої освіти, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005

Бібліографічний опис статті: Куваєв, В., Іщук, П., Політов, А., Буряк, В. (2021). Програмні рішення по забезпеченню надійного функціонування складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 16–24, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-1-3>

ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ НАДІЙНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ КРИТИЧНИХ ДО РЕЖИМУ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Більшість складних систем автоматизації гірничо-металургійного комплексу України потребують докорінної модернізації. У сучасних умовах така модернізація передбачає використання комп'ютерних технологій для створення інформаційно-керуючих систем які працюють в режимі реального часу, а вимоги до надійності їх функціонування є критично високими. Враховуючи багатофункціональність і складність систем автоматизації, що забезпечують керування технологічними процесами гірничо-металургійними виробництвами, проблема забезпечення їх надійного функціонування в режимі реального часу не зводиться до вибору відповідного апаратно-програмного інструментарію, а потребує особливих підходів до проектування прикладного програмного забезпечення. **Метою роботи** є обґрунтування програмних рішень по забезпеченню надійного функціонування складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення завдання створення надійно функціонуючого в режимі реального часу програмного забезпечення складних інформаційно-керуючих систем, що ґрунтується на послідовному аналізі функціональної структури системи, структури її обчислювальних вузлів, які прив'язані до топографії розміщення місць вводу-виводу інформації і постів керування технологічними процесам, та розподілу функціональних задач між програмними потоками з урахуванням критичних обмежень на час їх виконання. **Методологія** вирішення поставленого завдання полягає у послідовному аналізі загальних функціональних задач, що вирішує інформаційно-управляюча система, аналізу структури технічних засобів системи, декомпозиції загальних функціональних задач системи на підзадачі та розподілу цих підзадач між програмними задачами з урахуванням обмежень на час їх реалізації. **Наукова новизна.** У статті показано, що при розробці програмних рішень які забезпечують надійне функціонування складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу програмні задачі формуються виходячи, перш за все, з вимог до часу їх реалізації та урахуванням розподілу інформаційно-керуючого завантаження обчислювальних вузлів системи.

Ключові слова: системи реального часу, надійність функціонування, програмні задачі, функціональна структура, інформаційно-керуючі системи.

Volodymyr KUVAIEV

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Systems Software, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, kuvaiev.v.m@nmu.one

ORCID: 0000-0001-6329-071X

Scopus Author ID: 6602411915

Pavlo ISHCHUK

Assistant of Department of Computer Systems Software, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005, yshchuk.p.o@nmu.one

ORCID: 0000-0001-6399-6771

Artem POLITOV

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

ORCID: 0000-0003-2822-8026

Vladyslav BURIAK

student of specialty 121 "Software Engineering" of the second (master's) level of higher education, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornytskoho ave., Dnipro, Ukraine, 49005

To cite this article: Kuvaiev, V., Ishchuk, P., Politov, A., Buriak, V. (2021). Prohramni rishennia po zabezpechenniu nadiinoho funktsionuvannia skladnykh informatsiino-keruiuchykh system krytychnykh do rezhymu realnoho 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, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2021-1-3>

SOFTWARE SOLUTIONS TO ENSURE THE RELIABLE OPERATION OF COMPLEX INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS CRITICAL TO REAL-TIME

*Most complex automation systems of the mining and metallurgical complex of Ukraine need radical modernization. In modern conditions, such modernization involves the use of computer technology to create information and control systems that work in real time, and the requirements for the reliability of their operation are critically high. Given the versatility and complexity of automation systems that control the processes of mining and metallurgical production, the problem of ensuring their reliable operation in real time is not limited to the selection of appropriate hardware and software tools, but requires special approaches to application software design. **The purpose** of the work is to substantiate software solutions to ensure the reliable operation of complex information and control systems critical to real-time. Realization of the set purpose provides the decision of a problem of creation of reliably functioning in real time software of difficult information and control systems based on the consecutive analysis of functional structure of system, structure of its computer knots which are tied to a topography of placement of input-output of information and control posts. technological processes, and the distribution of functional tasks between program flows, taking into account the critical constraints on their execution time. **The methodology** for solving this problem is a consistent analysis of general functional problems solved by the information management system, analysis of the structure of technical means of the system, decomposition of general functional problems of the system into subtasks and distribution of these subtasks between program tasks. **Scientific novelty.** The article shows that in the development of software solutions that ensure the reliable operation of complex information and control systems critical to real-time software tasks are formed based primarily on the requirements for the time of their implementation and taking into account the distribution of information and control load of computer nodes.*

Key words: real-time systems, reliability of operation, software tasks, functional structure, information-control systems.

Актуальність проблеми. Більшість складних систем автоматизації, зокрема гірничо-металургійного комплексу України, потребують докорінної модернізації. У сучасних умовах така модернізація передбачає використання комп'ютерних технологій для створення інформаційно-керуючих систем які працюють в режимі реального часу, а вимоги до надійності

їх функціонування є критично високими. Враховуючи багатофункціональність і складність систем автоматизації, що забезпечують керування технологічними процесами гірничо-металургійними виробництвами, проблема забезпечення їх надійного функціонування в режимі реального часу не зводиться до вибору відповідного апаратно-програмного інструментарію, а потре-

бує особливих підходів до проектування прикладного програмного забезпечення. Сучасні комп'ютерні технології і, перш за все, системне програмне забезпечення надає інструментарій для реалізації режимів реального часу, в складних багатофункціональних системах, але воно не дає рекомендацій по розробці прикладного програмного забезпечення для них. Тому вирішення задачі створення надійного прикладного програмного забезпечення складних багатофункціональних систем технологічної автоматизації є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз літературних джерел показує існування двох основних напрямів розвитку програмного забезпечення систем з жорсткими вимогами до часу реакції на зовнішні та внутрішні події – систем реального часу (СРЧ). Це системне прикладне програмне забезпечення яке функціонує під керівництвом спеціалізованої операційної системи реального часу (ОС РЧ), які не орієнтовано на апаратні платформи конкретного виробника, та системи, де операційна система є частиною спеціалізованого апаратно-програмного комплексу. До першого напрямку розвитку системного програмного забезпечення належить ОС РЧ QNX – одна з найбільш поширених операційних систем такого класу, до другого – ОС РЧ контролерів SIMATIC S7 фірми Siemens і програмованих логічних контролерів інших виробників.

Основні інструментарії ОС РЧ QNX і особливості їх практичного використання описані в роботах [1–5]. У той же час там не наводиться навіть загальних рекомендацій щодо компонування прикладного програмного забезпечення з розподілом функціональних алгоритмічних блоків між програмними задачами, процесами і потоками при реалізації паралельної багатозадачності реального часу, залишаючи це на розсуд програміста.

Аналогічна ситуація має місце і при створенні прикладного програмного забезпечення і для контролерів SIMATIC S7 фірми Siemens. Так в [6–9] наводиться в подробицях інструментарій, що надає системне програмне забезпечення STEP 7 з прив'язкою його апаратного забезпечення SIMATIC S7, але немає рекомендацій щодо конфігурування складних багатофункціональних систем і розподілення алгоритмічних блоків і відповідного прикладного програмного забезпечення між організаційними блоками в середовищі загально системного програмного забезпечення

Метою статті є дослідження формування прикладного програмного забезпечення багато-

функціональних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу на прикладі систем управління швидкісним режимом прокатки безперервного дрібносортового стана.

Виклад основного матеріалу. Сучасні системи автоматизації складних технологічних об'єктів до яких, зокрема, відносяться об'єкти гірничо-металургійного комплексу, базуються на сучасних комп'ютерних технологіях, що дозволяє функціонально об'єднувати в одній системі декілька різнорідних за своїм призначенням локальних систем і, завдяки спільній інформаційної бази, досягати синергетичного ефекту управління технологічним об'єктом. У той же час інтеграція прикладного програмного забезпечення локальних систем при створенні комплексної багатофункціональної інформаційно-керуючої системи стикається з проблемою забезпечення часових параметрів вирішення локальних задач критичних до режиму реального часу.

Таким чином одним з напрямків забезпечення надійного функціонування складних багатофункціональних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу лежить в площині підходів щодо проектування прикладного програмного забезпечення таких систем і використання апробованих програмних рішень, які адекватно відображають функціональну та технічну структуру інформаційно-керуючої системи.

Такі рішення були відпрацьовані при створенні і впровадженні систем керування швидкісним режимом прокатки безперервних дрібносортових прокатних станів. Загальний опис цих систем наведено в [10; 11].

Системи керування швидкісним режимом прокатки є одними з основних систем технологічної автоматизації безперервних сортових станів. Ці системи багато в чому визначають точність сортового прокату, витрати часу на настроювання швидкісного режиму прокатки, стабільність роботи механізмів вихідного боку станів.

Системи, що описані в [10; 11], з самого початку створювалися як багатофункціональні і багатозадачні з розгалуженими перехресними міжфункціональними і міжзадачними зв'язками та з можливістю розширення їх можливостей. В процесі розробки та відпрацювання систем склалася їх функціональна структура із задач з інформаційною взаємодією, що наведена на рис. 1.

Технічна реалізація системи керування швидкісним режимом прокатки базувалася на двох індустріальних комп'ютерах, об'єднаних

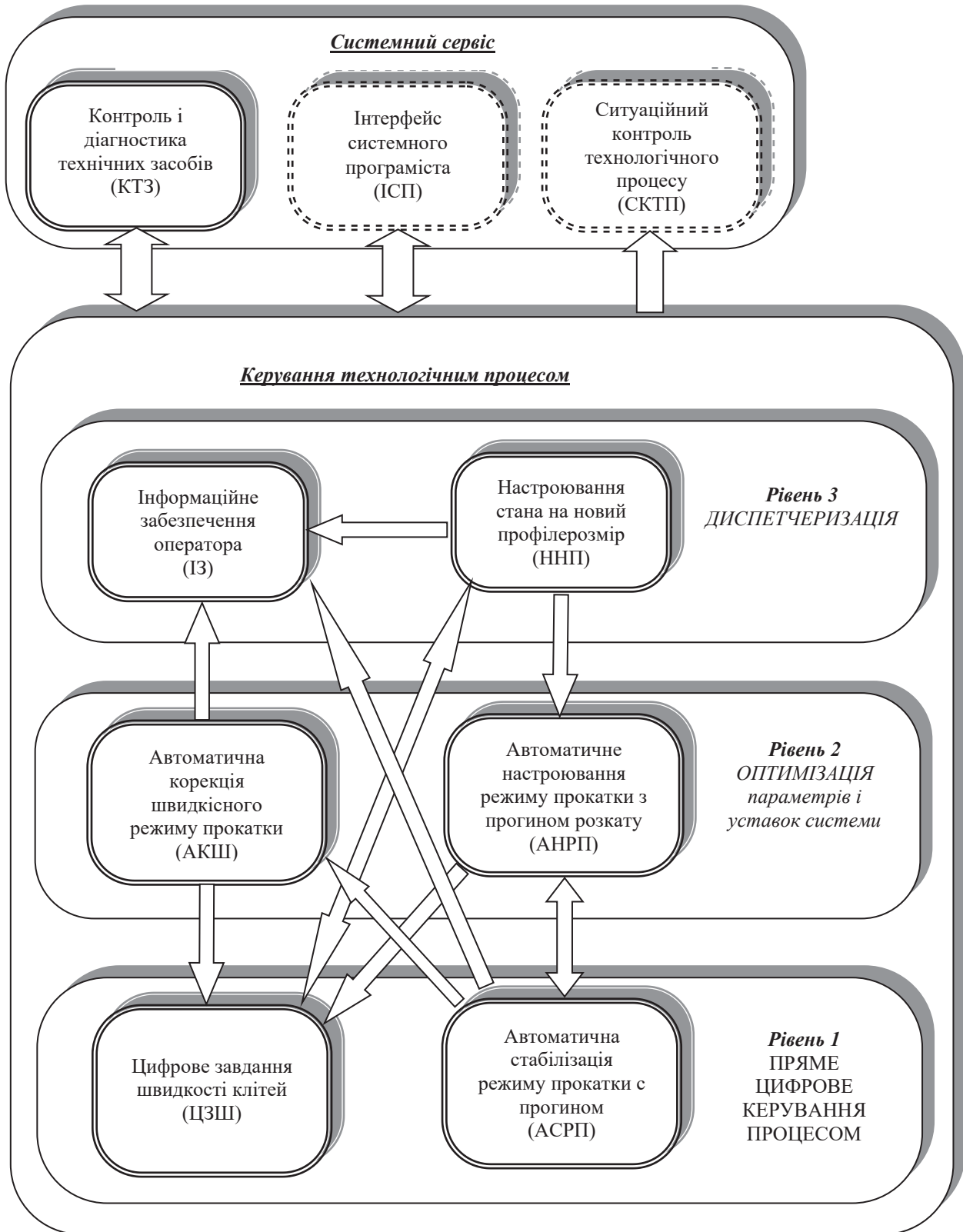


Рис. 1. Функціональна структура системи керування швидкісним режимом прокатки

в локальну обчислювальну мережу. Розподіл функціональних задач по вузлах обчислювальної мережі визначалася топографією розміщення постів керування, місць підключення до вхідних та вихідних сигналів і вимог щодо забез-

печення режиму реального часу при програмної реалізації задач керування відповідно до функціональної структури системи. На станцію оператора (вузол 1) були покладені інформаційні задачі і задачі по організації призначеного

для користувача інтерфейсу, а на контролер управління (вузол 2) – задачі прямого цифрового керування швидкісним режимом прокатки.

Операційним середовищем розробки програмного забезпечення (ПЗ) систем управління швидкісним режимом прокатки була операційна система (ОС) реального часу (РЧ) QNX, а базовою мовою програмування (мовним середовищем) – Си.

У структурі прикладного ПЗ системи керування швидкісним режимом прокатки виділяються дві основні групи задач: перша реалізує власне функції управління технологічним процесом в реальному масштабі часу (РЧ) – задачі керування технологічним процесом, а друга група задач забезпечує зручність обслуговування системи і ситуаційний аналіз роботи системи керування швидкісним режимом прокатки – системний сервіс.

Перша група задач досить чітко структурована за рівнями: прямого цифрового керування технологічним процесом, оптимізації параметрів і уставок системи керування, диспетчеризації, які однозначно пов'язані з їх інформаційної підпорядкованістю і критичністю до режиму РЧ.

Природно, найбільш жорсткі обмеження за часом виконання і періодичності повторення мають задачі першого рівня, тому що вони реалізують зовнішній контур керування електроприводу кліті, вимоги до швидкодії якого визначає частота зрізу контуру регулювання частоти обертання електроприводу кліті.

У первісному вигляді ПЗ однозначно відображало функціональну схему розв'язування технологічного завдання. В результаті цього окремі процеси обслуговування виявилися замкнутими на кожен з об'єктів керування (або його частини), виконуючи при цьому досить різнопланові функції, як то: операції настройки, регулювання, інформаційного обміну та ін. Однак подальше тестування моделі системи з ПЗ, побудованої за цим принципом, виявило її неефективність. Внаслідок неоднорідності одні компоненти кожного з об'єктів вимагали більш частого обслуговування з жорсткими тимчасовими обмеженнями, в той час як інші були менш критичні до цього або ж потребували лише асинхронне обслуговування. Це привело до необхідності розбити спочатку зібрані процеси обслуговування на окремі частини, які згодом були згруповані з урахуванням вимог щодо періодичності роботи, тимчасовим обмеженням, тривалості виконання та ін.

При подальшому проектуванні ПЗ використовувався метод руху в напрямку від задач і ресурсів більш високого рівня до більш низь-

кого. Особлива увага приділялася мінімізації міжзадачної пересилки даних. Підсумком декомпозиції стало угруповання даних, зв'язків і дій всередині автономних (відокремлених) задач (процесів), що виконуються зі своїми пріоритетами, періодичністю та тривалістю. В результаті структура ПЗ більшою мірою стала визначатися не тільки функціональною структурою задач, а й вимогами до режиму РЧ для їх складових частин (підзадач).

Остаточна структура ПЗ систем керування швидкісним режимом прокатки була сформована в процесі впровадження. Функції системи управління швидкісним режимом прокатки забезпечуються процесами, наведеними нижче в таблиці 1.

Найбільшому дробленню і перекомпонувannya піддалася, найбільш критична до режиму РЧ – АСРП.

В результаті процеси виявилися розподілені за такими групами:

- високопріоритетні, що працюють в жорсткому часовому режимі, процеси мають, по можливості, короткий повний цикл роботи, цілком вкладаються у відведений часовий квант. Виконують функції прямого управління об'єктом (PRIVOD2, DATA_FAKT1, OPER_ZADAN2, VKL_PROGIB2);

- фонові процеси, періодичність роботи яких значно нижче першої групи і процеси, що працюють в асинхронному режимі. Виконують підготовчі, настроювальні і допоміжні функції. (REG_SKOR1, COMM1, DIAGN_PROGIB2, NASTR_PROGIB2);

- процеси, які відіграють роль менеджерів керування міжзадачними інформаційними потоками. Режим роботи фоновий, кількість – по одному на кожен вузол мережі. (MNG1, MNG2);

- процес, який реалізує інтерактивний інтерфейс з користувачем (BAT);

- група процесів, що підключається і відключається динамічно в процесі роботи системи з активацією за ініціативи користувача, точка підключення – інтерфейсне гніздо ближнього менеджера. Вони призначені для діагностики і настройки обладнання обслуговуючим персоналом, діагностики програмного забезпечення, підтримки інтерфейсу з системами верхнього рівня і ін. (KONTROL1, SYS_PRG1, PROTOKOL1).

Виняткова увага приділялася оптимізації структури розподіленої системи і циркулюючих інформаційних потоків. Компонування процесів проводилася з урахуванням топології розміщення технічних засобів системи управління швидкісним режимом прокатки.

Міжвузлові зв'язки були покладені на задачу COM1, що розташована на вузлі 1 – завантаженого задачею менш критичними до швидкодії,

ніж вузол 2. Це, з одного боку, надає прозорий інтерфейс обміну, як процесам на локальній машині, так і на віддалених вузлах, а з іншого –

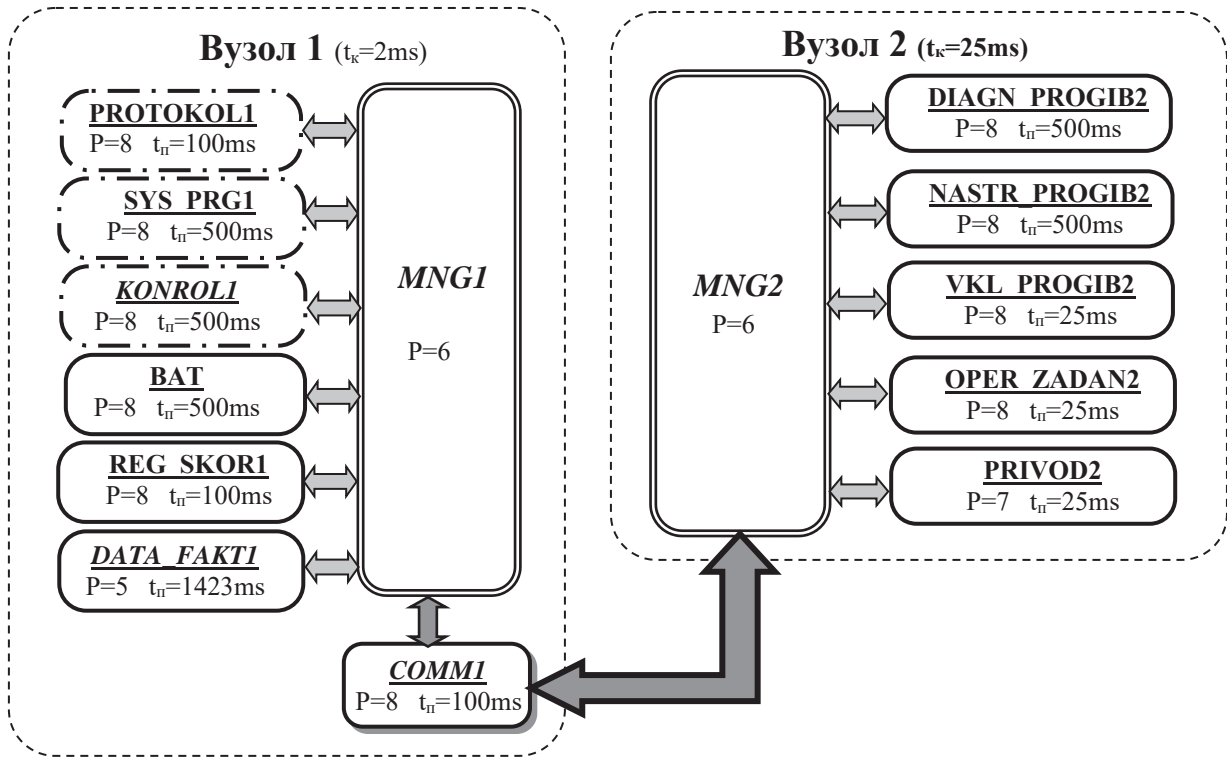


Рис. 2. Структура програмного забезпечення

вузол1, вузол2 – індустриальні комп'ютери; t_k – періодичність системного переривання процесів; t_n – періодичність повторення процесу; P – рівень пріоритету процесу ($P=1$ – рівень max ... $P=8$ – рівень min пріоритету відповідно).

Таблиця 1

Список процесів системи керування швидкісним режимом прокатки

Найменування процесу	Задача	Функції, що виконує
Вузол 1		
PROTOKOL1	СКТП	Ситуаційний контроль технологічного процесу
SYS_PRG1	ІСП	Інтерфейс системного програміста
KONTROL1	КТС	Контроль і діагностика технічних засобів системи
DATA_FAKT1	ІЗ	Введення фактичних частот обертання електроприводу клітей
BAT	ІЗ ННП	Інтерфейс користувача, інформаційно-керуючі функції налаштування стану
REG_SKOR1	ЦЗШ	Зміна режимів управління завданням на швидкість клітей.
COMM1	АРНП АСРП Сист.	Зміна режимів роботи і введення завдання на величину прогинів прокату між клітьями. Організація міжвузлового зв'язку.
MNG1	Сист.	Упорядкування інформаційних потоків вузла 1.
Вузол 2		
NASTR_PROGIB2	АНРП	Автоматичне налаштування режиму прокатки з прогином.
DIAGN_PROGIB2	АСРП	Діагностика роботи системи в режимі прокатки з прогином.
OPER_ZADAN2	ЦЗШ	Цифрове завдання базової швидкості клітей
VKL_PROGIB2	АСРП	Вмикання або вимикання режиму стабілізації прогину прокату в міжклітьових проміжках в темпі з прокаткою.
PRIVOD2	АКШ АСРП	Регулювання величин прогину в міжклітьових проміжках, формування вихідних даних для корекції швидкісного режиму прокатки. Розрахунок і видача поточних уставок в канали завдання частот обертання електроприводів з клітей.
MNG2	Сист.	Упорядкування інформаційних потоків вузла 2

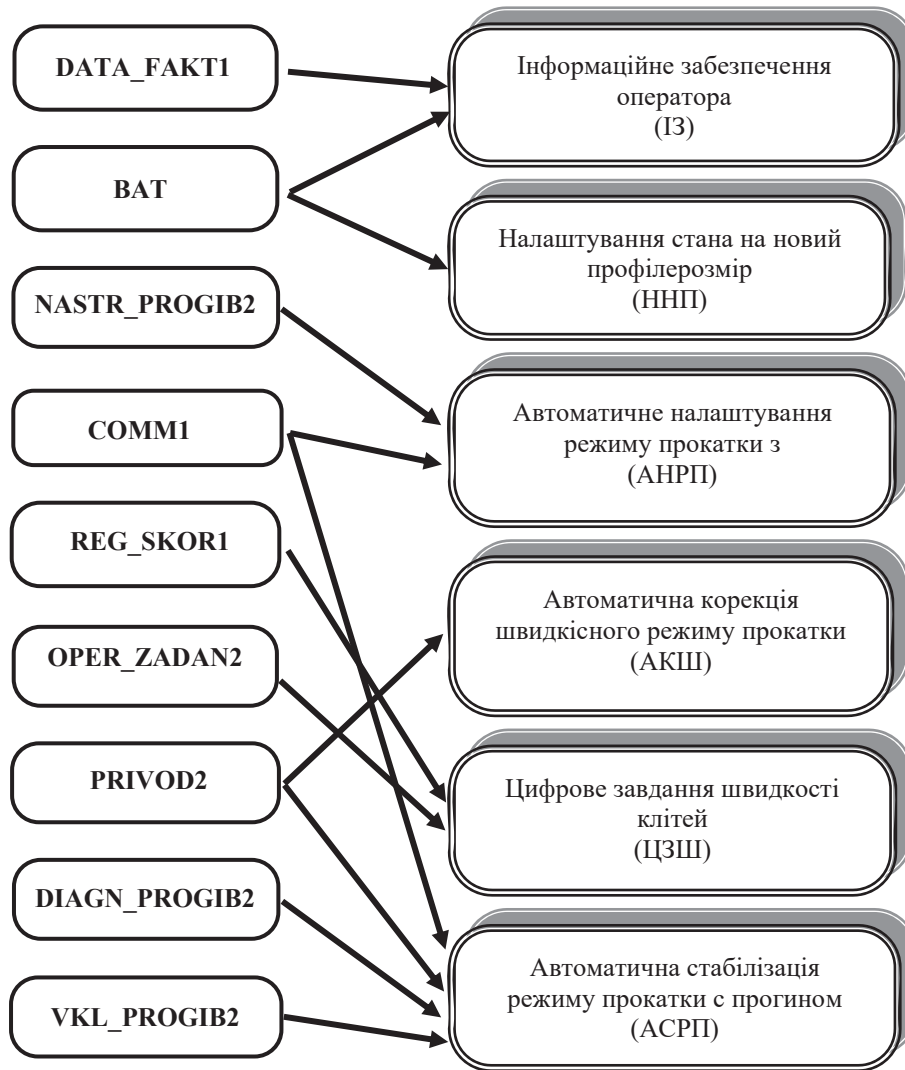


Рис. 3. Взаємозв'язок функціональних задач управління технологічним процесом з програмними процесами

не перевантажують мережевий трафік надлишковими пересилками пакетів даних.

Структура програмного забезпечення наведена на рис. 2.

Взаємозв'язок функціональних задач групи керування швидкісним режимом прокатки з процесами наведено на рис. 3.

Програмний процес SYS_PRG1 є програмою-відладчиком ПЗ з інтерфейсом системного програміста. Відладчик дозволяє динамічно підключатися до задач-менеджерів і контролювати трафік обміну інформацією між задачами і зміст блоків переданих даних. Його використання дозволило істотно скоротити час налагодження та гарантувати функціонування ПЗ в проектному режимі РЧ.

При розробці і впровадженні систем керування швидкісним режимом прокатки особлива увага приділялася питанням діагностики технічних засобів і можливості установки і корек-

ції основних параметрів системи. Перш за все, система програмно (програмний процес PROTOKOL1) аналізує величину ряду вхідних сигналів (з датчиків частоти обертання приводів клітей, датчиків прогину-нааявності прокату, від перемикачів пульта оператора і ін.). І при виявленні позаштатних ситуацій виводить на екран дисплея повідомлення. Цей же процес забезпечує архівування в режимі реального часу параметрів, що характеризують поточний стан процесу управління швидкісним режимом прокатки, і дає можливість доступу до них для подальшого перегляду даних.

Для усунення несправностей, детального аналізу стану технічних засобів і корекції внутрішніх (програмно встановлених) параметрів системи використовується підсистема контролю та діагностики (програмний процес KONTROL1). Її виклик здійснюється з процесу, що реалізує інтерактивний інтерфейс з корис-

тувачем (ВАТ). Перевірка вхідних сигналів індустріальних комп'ютерів і корекція параметрів системи, підсистемою контролю та діагностики, може проводитися без зупинки процесу прокатки. Повірка вихідних ланцюгів можлива тільки при зупинених електроприводах клітей.

Подальша експлуатація розроблених систем керування швидкісним режимом прокатки підтвердила ефективність запропонованих програмних рішень по забезпечення надійного функціонування складних інформаційно-керуючих систем критичних до режиму реального часу

Висновки. В основі формування програмного забезпечення складних інформаційно-керуючих систем лежить їхня функціональна структура з інформаційними зв'язками між окремими задачами.

Проектуванні ПО слід вести від задач і ресурсів більш високого рівня пріоритету за швидкодією до нижчого. Процеси обслуговування групуються з урахуванням вимог щодо

періодичності роботи, часовим обмеженням, тривалості виконання. Це призводить до декомпозиції початкових функціональних задач і групуванню даних, зв'язків і дій всередині автономних (відокремлених) задач (процесів), що виконуються зі своїми пріоритетами, періодичністю та тривалістю. В результаті структура програмного забезпечення в більшій мірі стала визначатися не тільки функціональною структурою задач, а й вимогами до режиму реального часу для їх складових частин (підзадач).

У прикладному програмному забезпеченні необхідно передбачити сервісні програми, що забезпечують контроль трафіку обміну інформацією між задачами і зміст блоків переданих даних, оперативний контроль і аналіз стану технічних засобів і корекції внутрішніх (програмно встановлених) параметрів системи, архівування в режимі реального часу параметрів, що характеризують поточний стан процесу управління, з можливістю доступу до них для подальшого перегляду даних.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кертен Р. Введение в QNX Neutrino 2. СПб: Петрополис. 2004. 478 с.
2. Практика работы с QNX / Д. Алексеев, Е. Видревич, А. Волков и др. Москва : КомБук, 2004. 432с.
3. Зыль С.Н. QNX Momenticx: основы применения. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. 256 с.
4. Операционная система реального времени QNX Neutrino 6.3. Системная архитектура: Пер. с англ. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. 336 с.
5. Цилюрик О. Визуальные инкапсулированные компоненты в Photon QNX. *Программист*. № 5. 2002.
6. Альтерман И.З. Программируемые контроллеры SIMATIC S7. 1-й уровень профессиональной подготовки S7_PROF1_PA. 2011. 68 с. URL: http://www.promautomatic.ru/catalog/S7_PROF1_PA.pdf.
7. Альтерман И.З. Программируемые контроллеры SIMATIC S7. 2-й уровень профессиональной подготовки S7_PROF2_PA. 2011. 66 с. URL: http://www.promautomatic.ru/catalog/S7_PROF2_PA.pdf.
8. Ганс Бергер Автоматизация с помощью Программ STEP7 LAD и FBD. Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300/400. Изд. 2-е перераб. – Siemens, 2001. 605 p. URL: http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Berger_STEP7_LADFBD_r.pdf.
9. Ганс Бергер Автоматизация посредством STEP 7 с использованием STL и SCL и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/400 – Siemens, 2001. 776 p. URL: http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Berger_Step7-STLSCL_r.pdf.
10. Калинин В.И., Кофман М.Е., Веселов В.Ф., Куваев В.Н., Карпинский Ю.П., Политов И.В., Чигринский В.А. Освоение системы управления скоростным режимом прокатки в линии стана 350/250. *Сталь*. 2003. № 2. С. 59–62.
11. Системы управления скоростным режимом непрерывной прокатки сортовых станов / В.А. Шеремет, М.А. Бабенко, А.В. Скляр, В.А. Щур, М.И. Костюченко, В.Н. Куваев, В.А. Чигринский, Ю.П. Карпинский, И.В. Политов, Д.А. Иванов. *Металургійна наука – підприємствам Придніпров'я. Збірник наукових праць*. Вип. 2. Дніпропетровськ. «Системні технології». 2005. С. 52–62.

REFERENCES:

1. Kerten, R. (2004). *Vvedenie v QNX Neutrino 2 [Introduction to QNX Neutrino 2]*. St. Petersburg: Petropolis. 478 p. [in Russian].
2. *Praktika raboty s QNX [Practice of working with QNX]* (2004). D. Alekseev, E. Vidrevich, A. Volkov et al. Moscow: KomBuk, 432 p. [in Russian].
3. Zyl', S.N. (2005). *QNX Momenticx: osnovy primeneniya [QNX Momenticx: Application Basics]*. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 256 p. [in Russian].

4. *Operatsionnaya sistema real'nogo vremeni QNX Neutrino 6.3. Sistemnaya arkhitektura [QNX Neutrino real-time operating system 6.3. System architecture]*. (2005). Translate from English. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 336 p. [in Russian].
5. Tsilyurik, O. (2002). Vizual'nye inkapsulirovannye komponenty v Photon QNX [Visual encapsulated components in Photon QNX]. *Programmist – Programmer*. No. 5. [in Russian].
6. Al'terman, I.Z. (2011). *Programmiruemye kontrolyery SIMATIC S7. 1-y uroven' professional'noy podgotovki S7_PROF1_PA [SIMATIC S7 Programmable controllers. 1st level of professional training S7_PROF1_PA]*. 68 p. Retrieved from: http://www.promautomatic.ru/catalog/S7_PROF1_PA.pdf [in Russian].
7. Al'terman, I.Z. (2011). *Programmiruemye kontrolyery SIMATIC S7. 2-y uroven' professional'noy podgotovki S7_PROF2_PA. [SIMATIC S7 programmable controllers. 2nd level of professional training S7_PROF2_PA]*. 66 p. Retrieved from: http://www.promautomatic.ru/catalog/S7_PROF2_PA.pdf. [in Russian].
8. Gans Berger (2001). *Avtomatizatsiya s pomoshch'yu Programm STEP7 LAD i FBD. Programmiruemye kontrolyery SIMATIC S7-300/400. [Automation with STEP7 LAD and FBD Programs. SIMATIC S7-300 / 400 programmable controllers]*. Ed. 2nd revised. Siemens, 605 p. Retrieved from: http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Berger_STEP7_LADFBD_r.pdf [in Russian].
9. Gans Berger (2001). *Avtomatizatsiya posredstvom STEP 7 s ispol'zovaniem STL i SCL i programmiruemykh kontrollerov SIMATIC S7-300/400 [Automation by STEP 7 using STL and SCL and programmable controllers SIMATIC S7-300/400]* Siemens, 776 p. Retrieved from: http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Berger_Step7-STLSCL_r.pdf. [in Russian].
10. Kalinin V.I., Kofman M.E., Veselov V.F., Kuvaev V.N., Karpinskiy Yu.P., Politov I.V., Chigrinskiy V.A. (2003). *Osvoenie sistemy upravleniya skorostnym rezhimom prokatki v linii stana 350/250. [Mastering the control system for the high-speed rolling mode in the line of the 350/250 mill]*. *Stal' – Steel*. No. 2. p. 59–62. [in Russian].
11. Sheremet V.A., Babenko M.A., Sklyar A.V., Shchur V.A., Kostyuchenko M.I., Kuvaev V.N., Chygrynskiy V.A., Karpinsky Yu.P., Politov, I.V., Ivanov D.A. (2005). *Sistemy upravleniya skorostnym rezhimom nepreryvnoy prokatki sortovykh stanov [Speed control systems for continuous rolling of section mills / Metalurgiyana nauka – pidpriemstvam Pridniprov'ya. Zbirnik naukovikh prats'. Vip. 2. Dnipropetrovs'k. «Sistemni tekhnologii» – Metallurgical science – to the enterprises of Pridniprov. Collection of scientific works. Issue 2. Dnipropetrovsk. “System technologies”. P. 52–62. [in Russian]*.