

В. М. Цуркін, А. В. Іванов, М. В. Честних
АБСТРАКТНЕ УЯВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЧИННИКІВ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ОБРОБЛЕННЯ РОЗПЛАВУ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ
«ЦІНА–ЯКІСТЬ»

У разі визначення умов рівноймовірної відтворюваності результату енергетичного оброблення розплаву для збалансування елементів системи "ціна–якість" обґрунтовано використання системи чинників, що визначають якість виливків, у вигляді абстрактних інтегральних понять "оброблюваність", "ефективність", "успішність". Вони визначені відповідно як: функційна здатність об'єкта оброблення позитивно реагувати на зовнішні структуроформувальні параметри оброблення; міра повноти реалізації цілеспрямованої дії, яка проявляється набором внутрішніх структурно-кінетичних змін і фазових перетворень; ступінь досягнення мети оброблення з урахуванням конкурентоспроможності продукції.

Ключові слова: розплав, енергетичне оброблення, якість виливків, конкурентоспроможність, система чинників, абстрагування.

V. M. Tsurkin, A. V. Ivanov, M. V. Chestnyh
THE ABSTRACT REPRESENTATION OF THE SYSTEM OF FACTORS IN ENERGY
TREATMENT OF MELT DETERMINING THE BALANCE OF ELEMENTS IN THE
"PRICE-QUALITY" SYSTEM

In determining the conditions for the equally possible reproducibility of the result of melt energy treatment for balancing the elements of the "price-quality" system, it is justified to use the system of factors determining the quality of castings in the form of abstract integral concepts "treatment ability", "efficiency", "successfulness". They are defined respectively as: functional the ability of the treatment object to respond positively to the external structure-forming treatment parameters; a measure of the completeness of the implementation of purposeful action, manifested by a set of internal structural-kinetic changes and phase transformations; the degree of the achieved goal of treatment, taking into account the competitiveness of products.

Keywords: Melt. Energy treatment. Quality of castings. Competitiveness. System of factors. Abstraction

Рецензент: Петриченко С. В., канд. техн. наук, вед. науч. сотр. ИИПТ НАН Украины, г. Николаев

УДК 03.120; 35.160; 35.080

Бессмертний Р. С., Катін П. Ю.

ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ДЖЕМУ

У статті подано результати дослідно-конструкторської роботи з розроблення програмної інфраструктури автоматизованої системи виготовлення харчових продуктів випарюванням вихідної сировини з елементами візуального контролювання. Під час робіт

визначено, що реалізація систем автоматичного контролювання якості продукції з використанням оброблення відеозображення є практично доступною з мінімальними фінансовими витратами.

Фактичним результатом досліджень є діаграма розгортання й діаграма компонентів автоматизованої системи виготовлення харчових продуктів з елементами автоматичного контролювання якості продукції на основі відеоданих виробничої маси харчового продукту. Таке рішення дає можливість забезпечити автоматичне контролювання якості продукції на основі аналізування відеозображення.

Ключові слова: мікроконтролери, програмна інфраструктура, діаграма розгортання, діаграма компонентів, автоматизована система виготовлення харчових продуктів випарюванням, оброблення зображення, Java, операційна система Armbian, мікрокомп'ютер, STM32F103C8, OrangePi Zero Plus.

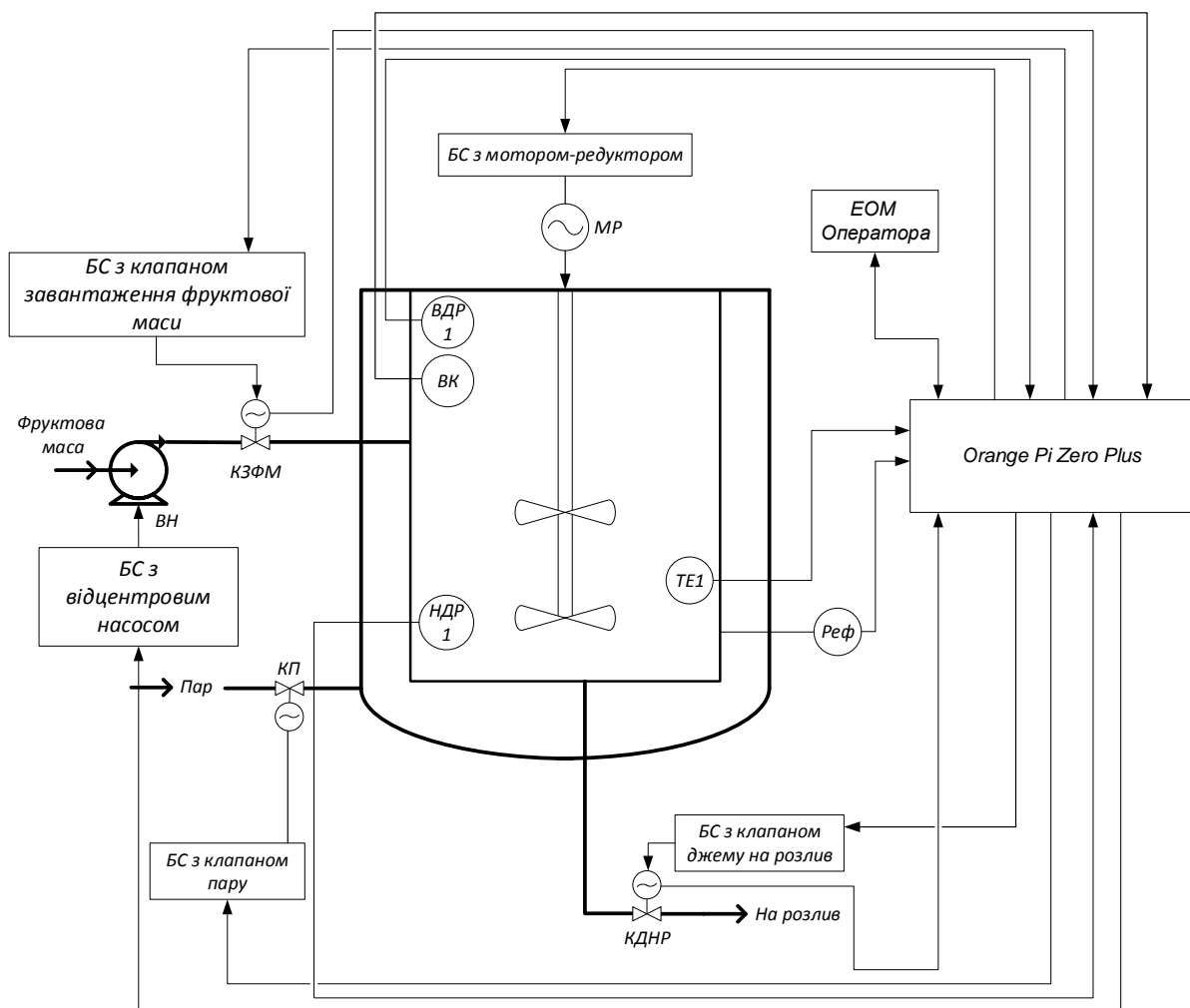
Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасні процеси виробництва харчової продукції, а саме концентрованих соків, варення, джемів та інших харчових напівфабрикатів, для покращення якості продукції потребують підтримки заданого температурного режиму й багатьох інших параметрів [1–5]. Наразі для формального опису процесів харчової продукції використовують математичне моделювання [6–7]. Результати моделей втілюють з використанням мікроконтролерних систем різного ступеня складності. Найбільше поширення отримали мікроконтролерні системи середньої та малої потужності 8- й 16-розрядні [8–9]. Активно розвиваються багатоядерні високопотужні мікроконтролери. Вартість мікроконтролерних систем на їх основі наближається до вартості мікроконтролерних систем на основі мікроконтролерів середньої та малої потужності [8–9]. Прикладом такої системи на основі потужного мікроконтролера SoC Allwinner H5 Quad-core Cortex-A53 є плата мікрокомп'ютера (ПМК) OrangePi Zero Plus [10] й інші аналогічні ПМК [11]. Перевага цього класу мікроконтролерів полягає в можливості використання повноцінної операційної системи. У цьому вирішенні можна використовувати Armbian. Така ОС підтримує всі сучасні технології програмування, зокрема й мову програмування Java та пов'язані з неї фреймворки. Це значно зменшує вартість розроблення програмного забезпечення. Отже, кінцева вартість ПМК для автоматизації виробництва харчової продукції на основі високопотужних мікроконтролерів може бути меншою за вартість аналогічного контролера на основі мікроконтролерів середньої та малої потужності.

Проведені дослідження засвідчили, що узагальнена схема випарного апарата з елементами системи управління має вигляд, зображений на рисунку 1. На ньому основою системи управління є ПМК [10]. Крім відомих методів контролювання якості виробництва харчових продуктів випарюванням, потужність і функційні можливості ПМК дають можливість забезпечити контролювання продукції за зовнішнім виглядом. Для цього на схемі рисунка 1 є відеокамера (ВК). Відеопотік ВК передається на контролер випарного апарата на основі ПМК й обробляється з використанням технологій і фреймворків, побудованих на JAVA[13-22].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізування літератури, пов'язаної з розвитком високопотужних контролерів для використання в промисловому виробництві, засвідчило, що практична реалізація таких систем можлива на основі ПМК з відносно невисокою вартістю [1–5, 13–22]. Це аналізування підтверджує, що основою контролера системи автоматизації випарних апаратів харчового виробництва (САВАХВ) може бути плата OrangePi Zero Plus або її аналоги [10]. Плата працює під керуванням ОС Armbian. Далі розкрито технічні характеристики ПМК на базі OrangePi Zero Plus, а саме [10]:

- процесор 64-бітний SoC Allwinner H5 Quad-core Cortex-A53;
- графічний процесор Mali450MP4;
- оперативна пам'ять 512Mb DDR3 synchronous dynamic random-access memory (охоплюючи GPU);

- вмонтована пам'ять 8GB embedded MultiMediaCard;
- можливість підтримання карт пам'яті microSD (об'ємом до 64GB);
- аудіо- й відеовивід через HDMI з підтриманням Consumer Electronics Control;
- вмонтований WiFi 802.11 b/g/n + Bluetooth 4.0 Low Energy;
- microUSB 2.0 On-The-Go x1;
- Camera Serial Interface;
- налагоджувальний порт;
- 26 пінів General Purpose Input-Output, сумісних з Raspberry Pi B +;
- світлодіоди стану й активності;
- живлення від microUSB розніму;
- розміри: 48 mm × 46 mm;
- вага: 20g.



- | | |
|---------------------------------------|---|
| Вак – вакуумметр | ВН - відцентровий насос |
| ВДР - верхній датчик рівня | КЗФМ – клапан завантаження фруктової маси |
| НДР - нижній датчик рівня | КДНР – клапан джему на розлив |
| Реф – рефрактометр | |
| ТЕ – датчик температури | |
| МР – мотор-редуктор | |
| ЕОМ – електронна обчислювальна машина | |
| ВК - відеокамера | |

Рисунок 1. Узагальнена схема випарного апарата

Інші ПКМ цього класу мають подібні характеристики й не поступаються потужністю та функційністю. Невисока вартість, \$15 на момент написання статті, наявність безкоштовної ОС “Armbian”, сумісність такої ОС з технологіями JAVA [13–22] і наявність безкоштовних, надійних бібліотек для виконання поставленого завдання дають можливість, крім відомих методів контролювання якості виробництва харчових продуктів випарюванням, забезпечити контролювання продукції за зовнішнім виглядом.

Наразі тривають роботи з використанням ПКМ (наприклад, OrangePi) як контролера виробництва. Є виробництво із застосуванням ПКМ для реалізації промислових контролерів керування технологічними процесами [12]. Приклад – лінійка продуктів ModBerry, що використовує ПКМ OrangePi (чи аналоги) для управління промисловими виробництвами. Також реалізовано серію контролерів ModBerry M300 O1/O2, утворену двома модульними ПКМ. Відомо багато аналогічних вирішень. Крім описаних вище характеристик, ця система реалізує дротові та бездротові інтерфейси, наприклад HDMI, Wi-Fi, Bluetooth 4.0.

Мета статті. В цій галузі потрібно визначити, що наразі недостатньо публікацій, які розкривають у загальноприйнятих термінах архітектуру програмно-апаратної частини системи контролювання якості, стандартизації на основі плат мікрокомп’ютерів. При цьому прикладні й інженерні вирішення є і їх активно використовують на практиці.

Мета цієї статті – формулювання загальноприйнятого в ІТ опису елементів архітектури САВАХВ на основі ПКМ, що, зважаючи на використання операційної системи, жодним чином не змінить узагальнення результатів дослідження.

Виклад основного матеріалу. Під час проведення дослідно-конструкторської роботи над прототипом САВАХВ побудовано практичну систему, що може збирати відеоінформацію й керувати виконавчими механізмами для управління якістю готової продукції на основі ПКМ. Розроблено апаратну інфраструктуру, систему передавання команд керування й систему передавання поточного відео. Для збирання інформації використано USB-2.0-веб-камеру. Вона разом з ПКМ дає можливість збирати, передавати й обробляти відео з розширенням 640 × 480 пікселів та частотою 30 FPS. Зображення передавалося на веб-браузер через локальну мережу за протоколом HTTP у реальному часі.

Керування виконавчими механізмами продемонстровано за допомогою двох двигунів постійного струму з робочою напругою від 3 до 6 вольт. Для керування двигунами використано модуль L9110 H-bridge. Керування двигунами здійснювалося зміненням сигналу на виході портів GPIO плати контролера на основі OrangePi Zero Plus.

Також для дослідження можливості використання складніших виконавчих механізмів системи автоматичного керування виварювальним апаратом до ПКМ за протоколом UART підімкнено STM32F103C8 [8]. Практичні експерименти довели можливість обміну інформацією в реальному часі між ПКМ і STM32F103C8.

Метою цієї статті є викладення результатів проведених дослідно-конструкторських робіт із розроблення системи керування на основі ПКМ (OrangePi Zero Plus) для реалізації прототипу САВАХВ, у контексті розроблення системи контролювання якості продукції на основі оброблення відеозображення робочої сировини. У статті показано діаграму на основі оброблення відеозображення робочої сировини. У статті показано діаграму розгортання й діаграму компонентів, отриману під час роботи, та її опис.

На рисунку 2 показано діаграму розгортання частини САВАХВ на основі ПКМ. Головним елементом керування САВАХВ, що виконує всі обчислювальні та керівні операції, є мікрокомп’ютер. У нижній частині діаграми розгортання (рис. 2) зображено виконавчі механізми, що керуються через інтерфейс General Purpose Input-Output (GPIO) ПКМ. У верхній частині рисунка показано давачі, підімкнені через інтерфейс UART мікрокомп’ютера й конвертер RS-485-UART. Загалом на рисунку 2 показано чотири контури керування, замкнені через ПКМ, який керує безпосередньо процесом виготовлення харчової продукції та контролює якість через оброблення зображення. Окремо виділено контур контролювання якості продукції через відеокамеру, що забезпечує передавання відеопотоку

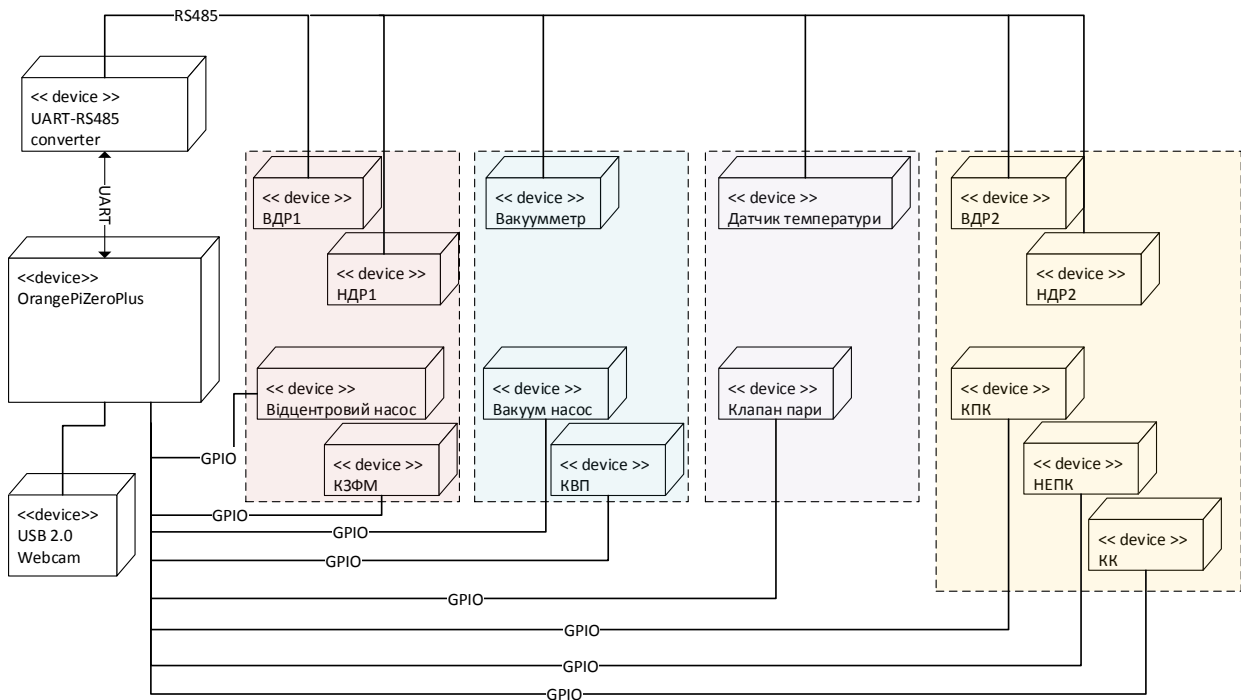


Рисунок 2. Діаграма розгортання САВАХВ

до ПМК. Загалом система керування САВАХВ забезпечує керування вісьмома клапанами, одним нагрівальним елементом, одним відцентрованим насосом, мотором-редуктором, вакуум-насосом і системою відеоконтролювання.

На вхід до ПМК надходять дані від давача температури й рефрактометра. Давачі рівня й тиску підмикають до мультиплектора, з якого в свою чергу дані надходять до ПМК. Дані з описаних давачів проходять через UART-RS-485-конвертер. Керування клапанами, нагрівальним елементом, насосами та мотором-редуктором відбувається релейною схемою. Основними контурами керування є регулювання рівня у випарному апараті, регулювання вакууму в випарному апараті, регулювання температури у випарному апараті, регулювання рівня й температури в перегінному кубі та контур контролю через ПКМ.

У результаті проведеної дослідно-конструкторської роботи досліджено й підтверджено можливість реалізації САВАХВ, показаної на діаграмі розгортання (рис. 2).

Для докладнішого опису результатів дослідження пропонують UML-діаграму компонентів. На ній основну увагу приділено контуру контролювання якості продукції через оброблення відеозображення. Результати підтверджено дослідно-конструкторськими роботами. Діаграму показано на рисунку 3.

Основою контролера САВАХВ є OrangePi Zero Plus ПМК (рис. 3). Плата працює під керуванням ОС Armbian (рис. 3). Як базову технологію в дослідній роботі використано фреймворк Spring, що працює на Java Virtual Machine.

Розглянемо діаграму компонентів докладніше. На ній виділено основні елементи керування для покращення якості продукції через оброблення відеозображення. Зображення з відеокамери, що оглядає робочу сировину (рис. 1), передається через інтерфейс USB. Зображення захоплюється з використанням бібліотеки Video4Linux4Java, описаної докладно далі [14]. Інформація зображення може бути накопичена в базі даних, оброблена нейронною мережею для класифікації якості продукту або надана операторові через веб- інтерфейс для додаткового контролювання.

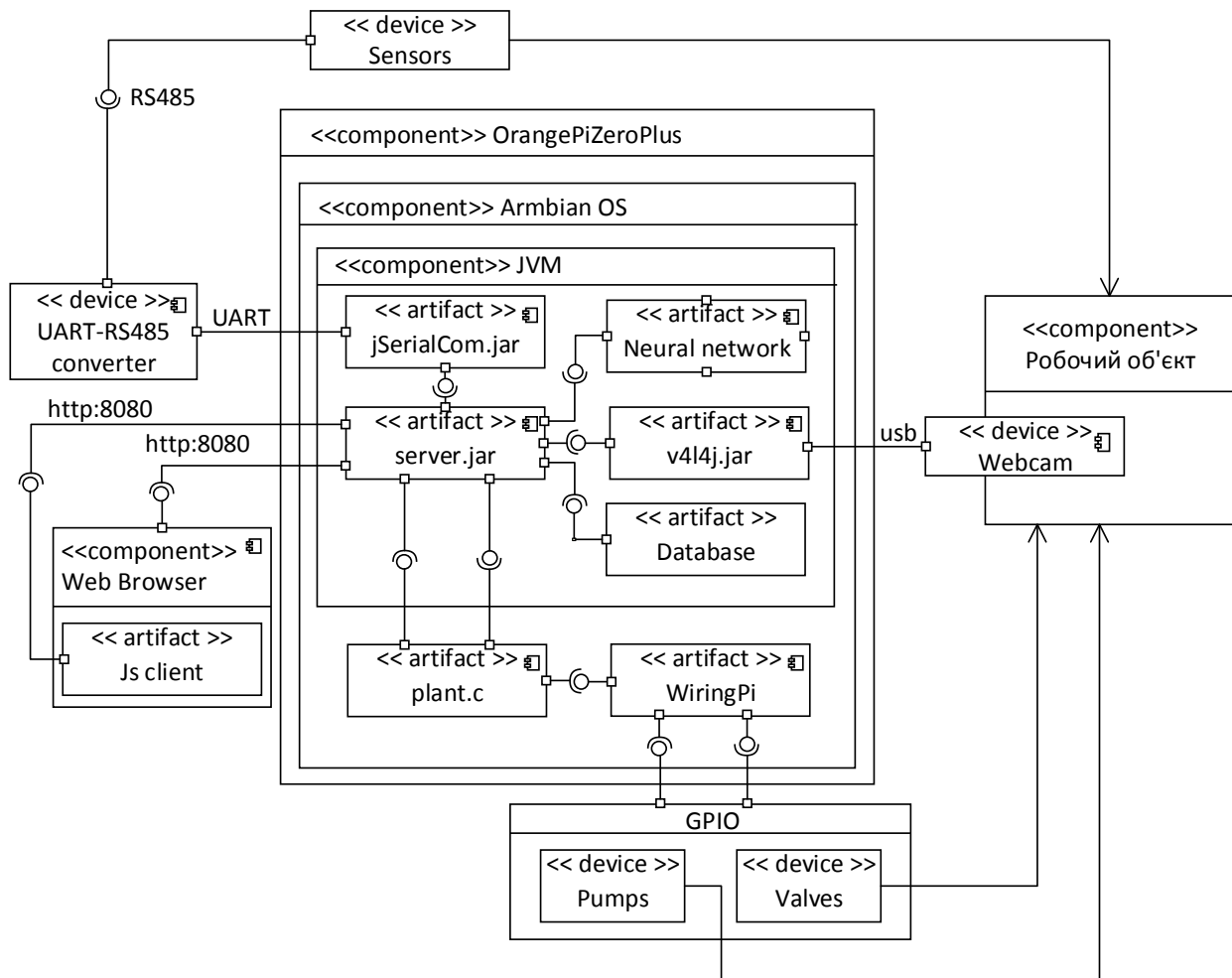


Рисунок 3. Діаграма компонентів САВАХВ

Як базову технологію в дослідній роботі використано фреймворк Spring, що працює на Java Virtual Machine. Spring Framework [13] — це програмний каркас з відкритим кодом та контейнери з підтримкою для платформи Java. Основні особливості Spring Framework може бути використано будь-яким додатком Java, проте для цієї роботи актуальним є розширення для створення веб-додатків.

Одним із основних елементів захоплення зображення є бібліотека Video4Linux4Java (v4l4j) [14], що може бути інтегрована в Spring Framework. Вона реалізується як Java-пакет, що забезпечує простий доступ до інтерфейсу захоплення відео в API Video4Linux (V4L). У результаті дослідно-конструкторської роботи виявлено, що саме v4l4j надає найбільш стабільний і швидкий доступ до відеоінформації з веб-камери. Webcam Capture надає дані у форматі BufferedImage, що оптимізований для швидкої трансформації в інші формати. Для збереження, аналізування й виведення зображення конвертується в масив байтів у форматі jpeg. Бібліотека v4l4j дає можливості розробляти програми, що дозволяють таке:

- отримувати інформацію про відеопристрій, наприклад кількість і тип відеовходів, підтримувані формати зображень, роздільну здатність і стандарти відео та доступні тюнери;
- кадри захоплення з будь-яких пристроїв із підтримкою V4L, охоплюючи USB/Firewire Веб-камери, карти захоплення відео та карти тюнерів;
- доступ до елементів керування відео, таких як яскравість, контрастність, коефіцієнт посилення, нахил, фокус;

– тюнери доступу й керування (частота отримання/встановлення, доступ до потужності прийнятого сигналу).

Наступним елементом діаграми компонентів, показаної на рисунку 3, є бібліотека jSerialComm [15]. Її створено для забезпечення не залежного від платформи способу доступу до стандартних послідовних портів без необхідності використання зовнішніх бібліотек, нативного коду чи будь-яких інших інструментів. Цей елемент призначено як альтернативу RxTx [16] і (застарілого) Java Communications API [17] з підвищеною простотою використання, розширеною підтримкою тайм-аутів і можливістю одночасного відкриття кількох портів.

Для керування апаратними виводами GPIO обрано бібліотеку WiringPi [18]. Ця бібліотека дає доступ до плати контролера. Її написано мовою C для пристроїв BCM2835, BCM2836 і BCM2837 SoC, що використовують в основному в Raspberry Pi, проте портовано для багатьох платформ, зокрема й OrangePi Zero Plus. Випускають за ліцензією GNU LGPLv3 і її можна використовувати з багатьма мовами програмування з відповідними обгортками.

Для подальшого використання відео дані зберігаються. Під час дослідно-конструкторської роботи зображення зберігалися локально, проте використання хмарних файлоховищ також можливе. Посилання на зображення разом з метаданими зберігаються в локальній Sqlite [19] реляційній базі даних.

У розробленні програмної інфраструктури для зберігання даних, поміж іншого, використано бібліотеку Hibernate [20]. Hibernate – це засіб об'єктно-реляційного відображення (object-relational mapping, ORM) [21] для платформи Java. Hibernate є вільним програмним забезпеченням і надає легкий у використанні каркас (фреймворк) для відображення між об'єктно-орієнтованою моделлю даних і традиційною реляційною базою даних.

Для автоматизації контролю якості зображення доцільним визначено використання нейронної мережі-класифікатора. Для розроблення такої мережі пропонують використовувати платформу Tensorflow [22] у зв'язку з Tensorflow detection model zoo [23].

TensorFlow – це відкрита платформа з відкритим вихідним кодом для машинного навчання. Вона має всеосяжну, гнучку екосистему інструментів і бібліотек, які дають змогу швидко створювати й розгортати додатки машинного навчання. TensorFlow портовано для багатьох мов програмування, охоплюючи Java. Tensorflow detection model zoo дає можливість використовувати претреновані нейронні мережі для завдань класифікації.

У результаті проведеної дослідно-конструкторської роботи досліджено й підтверджено роботоспроможність програмної архітектури САВАХВ, показаної на діаграмі розгортання (рис. 2).

Висновки. У процесі дослідно-конструкторських робіт розроблено робочий прототип САВАХВ на основі мікрокомп'ютера. На відміну від аналогічних вирішень, контролювання якості продукції у цій системі відбувається додатково через оброблення відеозображення.

У результаті розроблення прототипу розроблено діаграму розгортання. Ця діаграма (рис. 2) детально описує типову схему апаратної інфраструктури САВАХВ, запропоновані контури керування, виконавчі механізми, давачі. Така схема може стати прототипом стандартів аналогічних вирішень.

Крім того, результатами розроблення є діаграма компонентів (рис. 3). Вона описує програмну інфраструктуру, використані бібліотеки та інтерфейси. Програмну інфраструктуру досліджено на практиці під час дослідно-конструкторських робіт. Саме ця інформація є основою базового елемента системи контролювання якості харчової продукції у ході виробництва, що донині здійснюють уручну.

Використання ПМК дає змогу застосовувати всі сучасні технології програмування. Це значно зменшує вартість розроблення програмного забезпечення. Отже, кінцева вартість

такого промислового контролера може бути меншою за наявні аналоги на основі малопотужних мікроконтролерів.

У результаті розроблення діаграми розгортання САВАХВ з елементами автоматичного контролювання якості продукції на основі відеоданих виробничої маси харчового продукту можна визначити стандарти САВАХВ і забезпечити автоматичне контролювання якості продукції на основі аналізування відеозображення.

Можна очікувати, що в найближчому майбутньому кількість ПМК зростатиме, їх ціна знижуватиметься. При цьому розвиток мережевої інфраструктури дає можливість спрогнозувати як нові перспективи, так і нові вимоги до систем промислової автоматизації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплексне виробництво нектару і джему з плодів абрикоса, сливи, вишні, а також з концентратів і напівфабрикатів [електронний ресурс]: <http://www.gardenstaff.ru/>.
2. Опис вакуум-випарного апарата Normit [електронний ресурс]: <http://normit.ru/otrasli/katalog-oborudovaniia/527>.
3. Информационные технологии систем управления технологическими процессами : Учебн. для вузов / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин. – М. : Высш. шк., 2005. – 768 с.
4. Як організувати виробництво варення [електронний ресурс]: <http://business.eizvestia.com/full/kak-organizovat-proizvodstvo-varenya-masterskaya-dzhema>.
5. Устаткування для виробництва варення, джему, конфітюру, повидла, желе [електронний ресурс]: <http://www.agro-t.de/Binder/jam.html>.
6. Ролик А. И. Оценка качества предоставления мультимедийных сервисов с использованием нейросетевого классификатора / Ролик А. И., Галушко Д. А., Барна В. В., Томащук А. В., Ясочка М. В. // Вісник НТУУ «КПІ». – Інформатика, управління та обчислювальна техніка : збірник наукових праць. – К. : Століття+, 2015. – № 63. – С. 25–30.
7. Катін П. Ю., Досенко Є. В., Іванів Р. Б. Моделювання програм з паралельними обчисленнями за допомогою мереж Петрі / П. Ю. Катін, Є. В. Досенко, Р. Б. Іванів// Економіка й управління.– 2013. – № 4(60). – С.124–132.– Бібліогр.: 8 назв.
8. Что такое микроконтроллеры – назначение, устройство, софт [електронний ресурс]: <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html>
9. Heath, Steve (2003). Embedded systems design. EDN series for design engineers (2 ed.). Newnes. pp. 11–12. ISBN 9780750655460.
10. What's Orange Pi Zero Plus? [електронний ресурс]: <http://www.orangepi.org/OrangePiZeroPlus/>
11. Best Single Board Computers 2019 [електронний ресурс]: <https://all3dp.com/1/single-board-computer-raspberry-pi-alternative/>
12. ModBerry expands to the latest NanoPi & OrangePi platforms [електронний ресурс]: <https://modberry.techbase.eu/tag/orange-pi-zero/>.
13. Spring Framework Overview [електронний ресурс]: <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/overview.html>.
14. A java package to access the Capture interface of the Video4Linux API [електронний ресурс]: <https://code.google.com/archive/p/v4l4j/>
15. What is jSerialComm? [електронний ресурс]: <https://fazecast.github.io/jSerialComm/>
16. Rxtx - a Java cross platform wrapper library for the serial port [електронний ресурс]: <https://github.com/rxtx/rxtx>
17. Java Communications API [електронний ресурс]: <https://www.oracle.com/technetwork/java/index-jsp-141752.html>
18. Wiring Pi GPIO Interface library for the Raspberry Pi [електронний ресурс]: <http://wiringpi.com/>
19. About SQLite [електронний ресурс]: <https://www.sqlite.org/about.html>
20. Hibernate ORM 5.4.2.Final User Guide [електронний ресурс]: http://docs.jboss.org/hibernate/orm/5.4/userguide/html_single/Hibernate_User_Guide.html
21. TensorFlow Guide [електронний ресурс]: https://www.tensorflow.org/guide#ml_concepts

22. Tensorflow detection model zoo [електронний ресурс]:
https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/detection_model_zoo.md

Катин П.Ю., Бессмертный Р.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДЖЕМА

В статье предоставлены результаты опытно-конструкторской работы по разработке программной инфраструктуры автоматизированной системы изготовления пищевых продуктов путем выпаривания исходного сырья с элементами визуального контроля. Во время работ было определено, что реализация систем автоматического контроля качества продукции с использованием обработки видеоизображения является практически доступной с минимальными финансовыми затратами.

Фактическим результатом исследований является диаграмма развертывания и диаграмма компонентов автоматизированной системы изготовления пищевых продуктов с элементами автоматического контроля качества продукции на основе видеоданных производственной массы пищевого продукта. Такое решение позволяет обеспечить автоматический контроль качества продукции на основе анализа видеоизображения.

Ключевые слова. Микроконтроллеры, программная инфраструктура, диаграмма развертывания, диаграмма компонентов, автоматизированная система изготовления пищевых продуктов путем выпаривания, обработка изображения, Java, операционная система Armbian, микрокомпьютер, STM32F103C8, OrangePi Zero Plus.

Katin P.Y., Bessmertnyy R. S.

USE OF HIGH-PERFORMANCE MICROCONTROLLER FOR IMPROVING ECONOMIC EFFICIENCY OF JEM PRODUCTION

The article presents the results of research and development work done on the development of the software infrastructure of an automated system for the manufacture of food products by evaporation of the raw material with the elements of visual control. The research lead to a conclusion that the implementation of automated product quality control systems using video processing is practically affordable with minimal financial cost.

The actual results of the research are the deployment diagram and the diagram of components of the automated food production system with elements of automatic quality control of products based on the video data of the food production mass. Such a solution allows provides automatic control of product quality based on video image analysis.

Keywords. Microcontrollers, software infrastructure, deployment diagram, component diagram, automated food processing system by evaporation, image processing, Java, Armbian operating system, microcomputer, STM32F103C8, OrangePi Zero Plus.

Рецензент: Волокита А.М., канд.техн. наук, доцент, Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського, м. Київ