

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2

Вібрації в техніці та технологіях



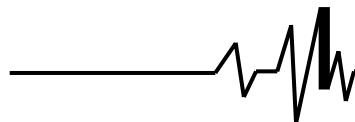
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 2 (113)

Вінниця 2024

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2023. – 2 (113) – 142 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 2 від 30.08.2024 р.)

Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886)

Згідно рішення Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення від 25.04.2024 р. № 1337 науковому журналу «Вібрації в техніці та технологіях» присвоєно ідентифікатор медіа R30-05172.

*- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);
- індексується в CrossRef, Google Scholar;
- індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus Value з 2018 року.*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН України, Вінницький
національний аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Інститут механіки та
автоматики агропромислового виробництва
НААН України

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Деревенько І. А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвеев В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – д.т.н. професор, Вінницький
національний аграрний університет

Яропуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

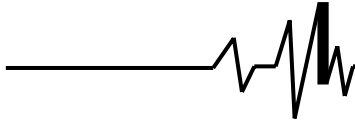
Зарубіжні члени редакційної колегії

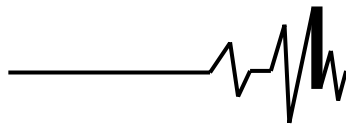
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/> Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****I. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН***Калетнік Г.М., Цуркан О.В., Спірін А.В., Дідик А.М.***ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ5***Волик Д.А., Степаненко С.П., Котов Б.І., Мельник В.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУХУ ТА РОЗДІЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ
У ВІБРОПНЕВМАТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....14***Solona O., Polievoda Y., Tverdokhlib I., Kuzemskyi V.***PRACTICAL RECOMMENDATIONS REGARDING OPERATION
OF THE COMPLEX OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPLY OF ENERGY AND
RESOURCE-SAVING PRODUCTION OF LIVESTOCK PRODUCTS AT THE ENTERPRISES OF
THE AGRICULTURAL COMPLEX.....24***Солона О.В., Лісовий Д.Р.***ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОНИТОРИНГ ЗДОРОВ'Я ТВАРИН ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ.....33****II. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Алієв Є.Б., Дудін В.Ю., Безверхній П.Є., Шаповал О. М.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАСПОКОЮВАЧА НАСІННЯ
ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ.....43***Яропуд В.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ПОБІЧНО-
ВИПАРНОГО ТИПУ55***Штуць А.А.***АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕРТИКАЛЬНО-
СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА.....66****III. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Твердохліб І.В., Ковальчук О.О., Спірін А.В., Павленко В.К.***ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА В ПРОЦЕСІ ЙОГО ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ.....75***Гуць В.С., Волинець Є.О.***ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ М'ЯСНОГО ВИРОБНИЦТВА НА КОРМА ДЛЯ ТВАРИН.....83***Возняк О.М., Штуць А.А., Казіміров О.М., Литвиненко Н.В.***РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ БОРОШНА НА
ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ПІДПРИЄМСТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA.....88***Коляновська Л.М., Нистеренко І.О.***ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СОЇ У ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКТІВ
ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....97***Піддубний В.А., Осокіна М.Н., Ткаченко Г.В.***ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ ДРОБЛЕННЯ НАСІННЯ
СОЇ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....110***Stadnik M., Burlaka S., Luts P., Kytsenko A.***INTEGRATION OF SENSOR TECHNOLOGIES INTO THE STRUCTURAL SCHEME OF
AUTOMATED GREENHOUSE CONTROL.....119****IV. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО***Lysenko R.***MATHEMATICAL SIMULATION OF THE WORKING PROCESS OF THE GAS-DIESEL CYCLE IN
THE CYLINDERS OF THE POWERTECH 6068HF250 ENGINE.....127***Кудрявцев І.М.***ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ВІДХОДІВ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ
СОНЯШНИКУ В КАМЕРІ РОЗРІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА.....132**

**Возняк О.М.**

к.т.н., доцент

Штуць А.А.

к.т.н. ст. викладач

Казіміров О.М.

магістр

Литвиненко Н.В.

магістр

**Вінницький національний
аграрний університет****Voznyak O.**Ph.D. in Engineering, Associate
Professor**Shtuts A.**Ph.D. in Engineering, Senior
Lecturer**Kazimirov O.**

Master

Lytvynenko N.

Master

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 664.7.1:681****DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2-10****РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ ОБЛІКУ БОРОШНА НА
ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ
ПІДПРИЄМСТВІ З
ВИКОРИСТАННЯМ SCADA**

Сучасний етап розвитку галузей народного господарства, де активно використовуються системи автоматичного керування та контролю відзначається все більшим проникненням туди мікроконтролерної техніки, постійно вдосконалюються методи контролю та управління технологічними процесами. Загалом розвиток напівпровідникової техніки та досягнення в галузі автоматики обумовили використання пристроїв, виконаних на інтегральних мікросхемах, які завдяки високій технологічності, малим розмірам, масі та енергоспоживанню стали дуже популярними.

Найбільш точно й ефективно облік борошна може здійснюватися з допомогою автоматизованої системи на базі сучасних програмно-технічних засобів.

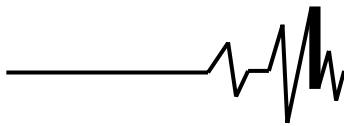
Робота, довговічність та якість будь-якої системи визначається не тільки із новизною інформації, яку вона несе, але і її робочими характеристиками, такими як швидкість отримання даної інформації та її структурованість, якістю і усіх її складових підсистем. Все це докорінно змінює властивості багатьох систем, надаючи їм нові функції і відкриваючи нові можливості у використанні.

Детальніший розгляд функцій таких систем показує наступні їх переваги:

- багатofункціональність пристроїв;
- легкість контролю за системою;
- автоматизація керування;
- можливість виконання швидких математичних обчислень;
- мініатюризація та економічність обладнання;
- підвищення надійності;
- можливість створення баз архівів інформації;
- скорочення часу на розробку системи.

Створення засобів вимірювання, контролю та управління обладнанням і технологічними процесами характеризується переходом від вирішення окремих, відносно простих задач автоматизації, до створення на основі мікропроцесорних схем та іншої мікроелектронної елементної бази пристроїв автоматики з програмним управлінням від SCADA-систем, які забезпечують розподілене автоматизоване управління технологічними процесами всього підприємства в цілому.

Ключові слова: комп'ютеризована система, облік борошна, хлібопекарське підприємство, SCADA, автоматизація виробництва, управління запасами, програмне забезпечення для управління, технологія харчової промисловості, контроль якості, системи збору даних.



Вступ Основною вихідною сировиною для хлібобулочних підприємств (ХБП) є борошно. На великих підприємствах за добу десятки тонн борошна проходять процес перетворення в батони різних мастей, рогаики, сушки, кекси, пряники, рулети, торти й т.п.

На таких ХБП борошно зберігається в силосах. Це великі вертикальні циліндричні ємності на 30-35 тонн вихідної сировини. Півтора десятка силосів, об'язані трубами стисненого повітря й пневмотранспорту, являють собою сховище безтарного зберігання борошна (БЗБ).

Доставляється борошно на підприємство в борошновозах (рисунк 1). На автомобільних вагах провадиться початкове зважування борошновоза.

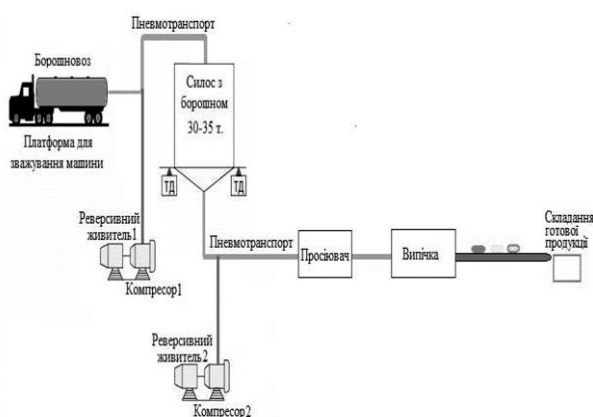


Рис. 1. Технологічна схема переміщення борошна на ХБП

Залежно від сорту борошна ємності борошновоза приєднують за допомогою гнучкого рукава шланга до входу певного силосу, включається компресор борошновоза, і повітряно-борошняна суміш зверху завантажується в силос. Це процес закачування. По закінченні закачування порожній борошновоз знову проходить операцію зважування - так визначається кількість доставленого борошна.

На технологічні лінії виготовлення булочно-кондитерських виробів хлібобулочного комбінату борошно зі складу безтарного зберігання борошна подається по трубах пневматичного транспорту. Для цього відкривається вентиль стислого повітря, включається роторний живитель певного силосу і повітряно-борошняна суміш з нижньої конусоподібної частини силосу, проходячи через пристрій, що просіває, і десятки метрів труб, опиняється в необхідному виробничому бункері. Це процес відкачування борошна з силосу.

В кінці кожної зміни знімається інформація по залишках борошна в кожному силосі, після чого ці дані передаються змінним майстрам, начальникові цеху, а також в бухгалтерію. На неавтоматизованих виробництвах витрати борошна визначаються таким чином: оператор БЗБ, піднявшись на останній поверх силосу,

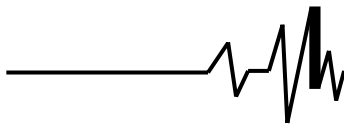
через відповідні технологічні люки оцінює приблизну кількість борошна по його верхній границі, застосовуючи при цьому тільки кишеньковий ліхтар. Такий контроль кількості сировини деколи доводиться робити за зміну кілька разів, оскільки в процесі закачування-відкачування необхідно постійно знати міру завантаженості кожного силосу – переповнення силосу загрожує аварійною ситуацією, а недовантаження веде до неефективного використання його об'єму.

Така суб'єктивна оцінка кількості борошна дає велику похибку визначення залишків (до двох-трьох тонн на силос). Річ у тому, що різні сорти борошна мають різну щільність, і якщо житнього борошна в силос можна завантажити до 30-31 тонни, то борошна вищого сорту - до 35 тонн. Крім того, в процесі відкачування борошна в нижній конусоподібній частині силосу утворюються порожнечі, деколи великі за об'ємом, які не є видимими зверху крізь товщу борошна навіть з ліхтарем.

Оператор БЗБ протягом трудової зміни, крім кожного силосу, постійно має справу ще з безліччю іншого обладнання: з декількома пускачами та парою десятків виробничих бункерів. Все це обладнання територіально розподілене. Крім прийому доставленого борошновозами борошна, оператор повинен вчасно заповнювати певний виробничий бункер необхідним сортом борошна або необхідної сумішшю різних сортів борошна для того, щоб не було простою в роботі виробничих ділянок технологічного ланцюжка. Оператор повинен бути постійно готовий вчасно вимкнути подачу борошна в той чи інший бункер, щоб уникнути його переповнення або при виникненні аварійної ситуації.

Для спрощення роботи оператора БЗБ на деяких ХБП застосовані застарілі системи автоматизації управління, в яких інформація збирається і відображується на великих щитах автоматики за допомогою звичайних лампочок розжарювання. З цих щитів автоматики за допомогою кнопок і перемикачів можна включати електродвигуни роторних і шнекових джерел живлення, управляти кранами-перемикачами, направляючи борошно в той або інший виробничий бункер. Але унаслідок низької надійності елементів цих систем управління більшість з них вже майже не працює або знаходиться у ремонті.

Для виготовлення деяких видів продукції потрібно засипати у виробничий бункер суміш із різних сортів борошна. При цьому важливо точно дотримувати заданого процентного співвідношення сортів. Колись це співвідношення визначалося буквально по кольору отриманого тіста. Природне бажання одержати більш якісну продукцію приводило до перевитрати більш дорогих сортів борошна. Як уже було відзначено, система має можливість визначати кількість борошна, що видалене з силосу в процесі відкачки. При одночасній відкачці з більш ніж одного силосу з різними сортами борошна система використовує ці



дані для визначення процентного співвідношення сортів. У оператора перед очима є поточне процентне співвідношення, і він може оперативно регулювати швидкості відкачки із силосів, приводячи процентне співвідношення до необхідного (рисунок 2).

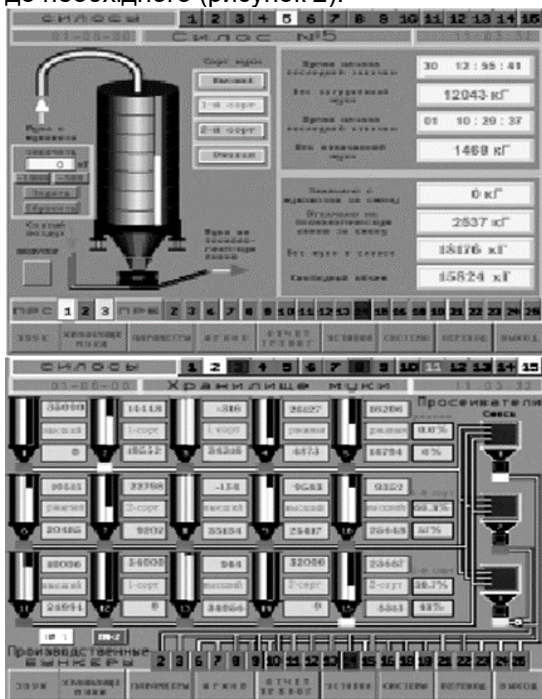


Рис. 2. Стани силосів на екранах АРМ оператора

Процентні співвідношення зберігаються в архіві для наступного аналізу, якщо в цьому виникне необхідність. У процесі відкачки борошна із силосу часто виникає неприємна ситуація, що оператори йменують словом «зависання». Це значить, що в нижній частині силосу перед роторним живильником організувався порожній простір, і борошно перестає надходити в живильник і далі в труби пневмотранспорту. Для усунення ситуації «зависання» операторові необхідно «струснути» силос. Робиться це включенням вібраторів, прикріплених до силосів. До впровадження системи нерідко в хід пускався наш головний вітчизняний інструмент - кувалда. Тепер же система сама відслідковує виникнення ситуації «зависання» по ознаці включеної відкачки, якщо при цьому не відбувається зменшення ваги силосу з борошном. При «зависанні» автоматично ввімкнеться вібратор на короткий час, і таке включення буде відбуватися через певні проміжки часу доти, поки борошно знову не почне надходити на технологічну лінію. Система сповістить оператора про «зависання» колірним індикатором на екрані дисплея й звуковим сигналом.

Оператор має можливість включати вібратор самостійно натисканням на кнопку "миші".

Зменшення ваги борошна в силосі при відсутності відкачки також є нештатною ситуацією.

Система відслідковує виникнення подібних явищ, видає аварійну звукову сигналізацію, і колірний індикатор позначає аварійний силос. Інформація про це заноситься у звіт тривоги і подій.

Облік готової продукції, що проходить через 2 пакувальних автомати, - це додаткова функція, виконувана системою.

Облік готової продукції на пакувальних автоматах здійснюється просто, якщо є відповідний електричний сигнал (наприклад, сигнал з електричного ножа для запаювання упаковки). Якщо пакувальний автомат механічний, то проблема ускладнюється вибором підходящого датчика, що виробляє імпульс при проходженні впакованої продукції, місця його розташування й налаштуванням його чутливості.

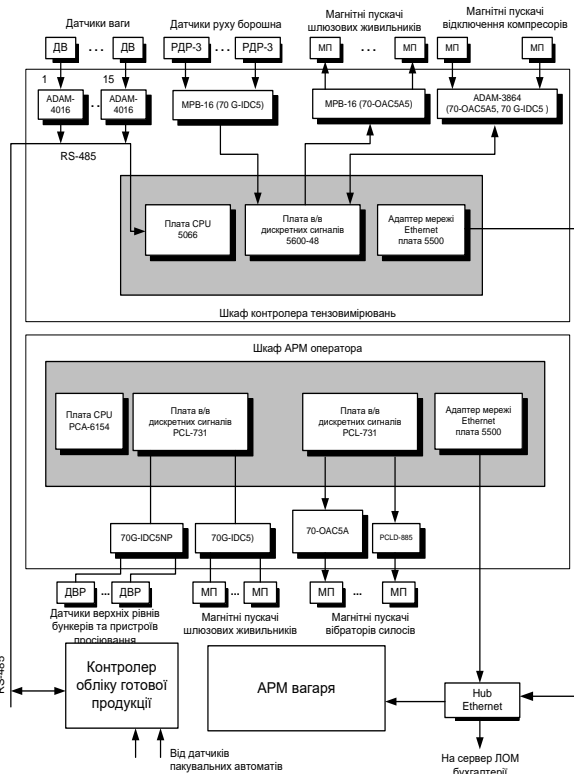
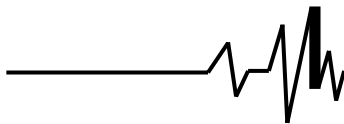


Рис. 3. Функціональна схема автоматизованої системи обліку борошна й готової продукції

У шафі контролера тензовимірювання розмінені:

- каркас MicroPC, що містить процесорну плату, плату введення/ виведення дискретних сигналів і мережну карту Ethernet - плату;
- модулі ADAM- перетворювачі тензосигналів - і плата модулів гальванічної ізоляції фірми G-IDC5 і монолітні нормально замкнуті реле фірми Grayhill, установлені на панелях MPB-16;
- інтерфейсна плата для рідиннокристалового дисплея і клавіатури KP-1;
- клемні колодки WAGO.

Як видно з рисунку, основне функціональне навантаження в контролері несуть виробники фірми Octagon Systems.



Сигнали з радіолокаційних датчиків руху надходять на модулі введення дискретних сигналів. Нормально замкнуті монолітні реле включені послідовно в ланцюзі відключення магнітних пускачів електродвигунів роторних живильників відкачки борошна. Такі ж реле управляють відключенням магнітних пускачів, що подають живлення на компресори борошновозів.

На рідиннокристалевий дисплей, розташований на дверцятах шафи, виводиться інформація про поточні значення ваги борошна в силосах, а також діагностична інформація про справність каналів тензовимірювань. Перемикання відображення з одного каналу на інший провадиться за допомогою клавіатури KP-1, розташованої також на дверцятах шафи контролера.

Джерело безперебійного живлення Back-UPS (фірма APC) дає можливість захистити апаратуру контролера від кидків напруги мережі. Програмний драйвер контролера, що працює з UPS через другий послідовний порт плати відключає контролер від UPS при проваллі напруги живлення на час більше 10 хвилин, щоб не розрядити батарею UPS нижче припустимої межі.

АРМ оператора зібрано на базі шасі промислового комп'ютера фірми Advantech. Має у своєму складі плату процесора, мережний адаптер і дві плати введення-виведення дискретних сигналів. Частина дискретних сигналів, оброблюваних системою, а саме сигнали від датчиків верхніх рівнів виробничих бункерів і бункерів пристроїв, що просівають, сигнали вмикання електродвигунів роторних живильників відкачки борошна, аварійні сигнали електродвигунів пристроїв, що просівають, борошно й сигнали по керуванню вібраторами силосів вирішено було підключити безпосередньо до АРМ оператора з тієї причини, що джерела цих сигналів близько розташовані до нього. АРМ оператора, АРМ вагаря й контролер тензовимірювань включені в загальну локальну цифрову мережу підприємства через 10 мегабітовий концентратор Ethernet.

В операторській кімнаті у невеликій кількості присутній борошняний пил, тому вирішено розмістити АРМ усередині шафи консолі оператора APX-FC фірми Schroff із примусовою вентиляцією й фільтрацією повітря, що нагнітається усередину шафи. Усередині шафи консолі зручно встановлені 17 дюймовий монітор, коробки PCLD-RMK-4U для модулів ПЗО й джерело безперебійного живлення Back-UPS. На клавіатурній полиці шафи розташовуються компактна клавіатура фірми Advantech, захищена плівкою, і прецизійний маніпулятор "миша" DeskTop-HulaPoint фірми Texas Industrial Peripherals зі ступенем захисту, що перевищує вимоги стандарту NEMA40.

Таким чином, за рахунок впровадження

нової автоматизованої системи були вирішені наступні проблеми:

- безперервний вимір ваги борошна в режимі реального часу в кожному з 15 силосів з візуалізацією результатів вимірів у графічній і табличній формі на АРМ оператора й АРМ вагаря, підрахунок загальної ваги борошна по сортах;

- визначення ваги борошна, що закачується з борошновоза, з фіксацією часу початку закачування, підрахунок закачаної ваги по сортах;

- визначення ваги борошна, що відкачане із силосу на технологічну лінію виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів, підрахунок ваги, що відкачана, по сортах, за зміну, за добу;

- формування чергових, змінних і добових табличних звітів по приходу й витраті борошна й передача їх по локальній обчислювальній мережі на АРМ бухгалтерії й начальника цеху;

- контроль процентного співвідношення різних сортів борошна для готування суміші;

- збір і відображення інформації про заповнення виробничих бункерів на моніторі АРМ оператора;

- контроль режимів закачування й відкачки, контроль роботи електродвигунів пристроїв, що просівають, (включений / виключений, аварія);

- керування процесом закачування борошна з борошновоза, запобігання переповнення силосу борошно й закачування в силос ваги, що задається оператором;

- автоматичне й ручне керування електричними вібраторами силосів;

- облік готової продукції, що пройшла пакувальні автомати за зміну.

Економічний ефект від впровадження даної системи визначають наступні складові:

- по-перше, підприємство, маючи об'єктивну й оперативну інформацію про кількість залишків борошна, а також про вільні об'єми в силосах, може більш успішно будувати політику закупівлі сировини;

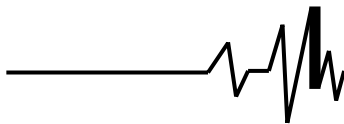
- по-друге, об'єктивний підрахунок кількості витраченого борошна в співвідношенні з кількістю виробленої продукції дозволяє більш точно підраховувати собівартість одиниці продукції, а також виявляти невиробничі втрати;

- по-третє, ряд функцій системи дає можливість операторові БЗБ більш раціонально робити завантаження силосів, вивільняючи додаткові об'єми й не побоюючись при цьому аварійної ситуації переповнення силосів;

- по-четверте, зводиться до мінімуму перевитрата дорогих сортів борошна шляхом більш точного витримання процентного співвідношення компонентів суміші;

- в-п'ятих, різноманітна аварійна сигналізація дає можливість операторові вчасно відреагувати на ситуації, які можуть викликати втрату сировини або простій устаткування.

Постановка проблеми. Для формування напрямів роботи поставимо таку основну задачу: розробити сучасну комп'ютеризовану систему обліку



борошна на великому ХБП, яка б виконувала усі перелічені вище функції, але була б більш дешевою у порівнянні з аналогічними рішеннями.

Вирішення цієї задачі будемо здійснювати такими шляхами:

- нову систему також будемо на основі сучасних інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів, але для здешевлення загального рішення системи будемо вибирати засоби автоматизації більш дешеві, наприклад, виробництва таких країн як Тайвань, Індонезія, Корея і т.д.;

- для здешевлення програмного забезпечення нової комп'ютеризованої системи (за рахунок виключення праці висококваліфікованих програмістів та прискорення розробки) застосовуємо автоматизоване проектування цього програмного забезпечення, що при цьому не погіршить функціональність та ефективність нової системи;

- замінюємо застарілі датчики технологічних параметрів об'єкту контролю на сучасні, але як можна дешевші, що забезпечать меншу похибку вимірювання та контролю, а також уніфікований вихідний сигнал для спрощеного введення у комп'ютеризовану систему;

- замінюємо застарілі виконавчі механізми, що змонтовані дотепер на технологічному обладнанні силосів ХБП.

Як відзначено, розроблення програмного забезпечення комп'ютеризованої системи обліку борошна буде здійснюватися за допомогою SCADA-системи, вибір якої є одним з найважливіших моментів техніко-економічного обґрунтування розробки.

Мета та завдання дослідження.

Метою розробки є підвищення якісних показників обліку борошна на хлібобулочному підприємстві шляхом застосування інтегрованої системи проектування та сучасних програмно-апаратних засобів автоматизації.

Результати досліджень. На основі поставленої мети розробимо загальну конфігурацію комп'ютеризованої системи обліку борошна, на якій за допомогою блоків відобразимо всі функції, що вона має виконувати. Загальна конфігурація комп'ютеризованої системи наведена на рисунку 4.

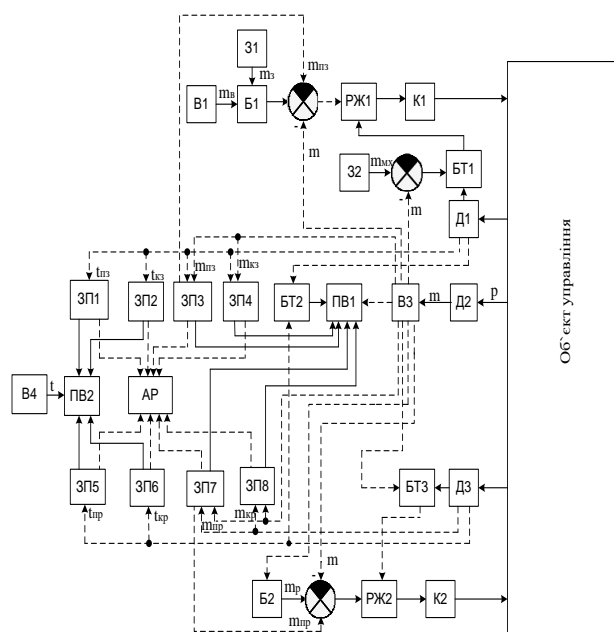
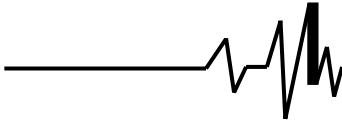


Рис. 4. Загальна конфігурація комп'ютеризованої системи

На схемі використовуються такі позначення:

- B1 – пристрій для вимірювання маси борошновоза (ваги), m_b ;
- 31 – завдання маси борошна m_z , яку треба вивантажити ;
- B1 – блок формування команд для завантаження певної маси в силос;
- РЖ1 – роторний живитель;
- K1 – компресор(повітряний насос);
- 32 – завдання максимально дозволеної маси силоса m_{mx} ;
- БТ1– блок тривоги(перевантаження силоса);
- Д1 – датчик руху борошна у вхідній трубі силоса;
- ЗП1 – пристрій для запам'ятовування часу початку завантаження силоса $t_{пз}$;
- ЗП2 – пристрій для запам'ятовування часу кінця завантаження силоса $t_{кз}$;
- ЗП3 – пристрій для запам'ятовування маси силоса до завантаження борошном $m_{пз}$;
- ЗП4 – пристрій для запам'ятовування маси силоса після завантаження борошном $m_{кз}$;
- БТ2 – блок тривоги(зменшення маси в силосі при відсутності закачки і відкачки);
- В3 – пристрій вимірювання маси силоса m ;
- ПВ1 – пристрій відображення маси силоса m ;
- Д2 – датчик маси силоса;
- В4 – пристрій для вимірювання поточного часу t (таймер);
- ПВ2 – пристрій відображення часу, t ;
- ЗП5-ЗП8 – аналогічно до ЗП1-ЗП4, тільки для випадку розвантаження силоса;
- БТ3 – блок тривоги(сигналізує про спорожнення силоса);
- Д3 – датчик руху борошна у вивідній трубі силоса;



- Б2 – блок задання маси, яку треба відкачати з силоса;

- РЖ2 – реверсивний живитель;

- К2 – компресор;

При приїзді борошновоза на підприємство його зважують. Знаючи масу машини без вантажу можна визначити її масу з вантажем. Ця маса запам'ятовується як m_1 в блоці В1. Всю масу m_1 треба завантажити в блок силосів. Рідко коли в один силос можна (а тим більше доцільно) завантажувати всю сировину з машини. Тому з пульта оператора задається маса борошна m_2 , яку треба вивантажити в цей силос (блок З1). Блок Б1 визначає, скільки сировини поступить в силос: якщо величина З1 не задана-закачуємо все, що є в машині, якщо задана - закачуємо лише З1. При спрацюванні датчика Д1 на рух борошна подається сигнал на запам'ятовування початкової маси силосу та час початку завантаження в блоках ЗП3 та ЗП1 відповідно. Коли маса в силосі досягає значення, запам'ятовано в ЗП1 плюс значення з блока Б1, то на вхід реверсивного живителя РЖ1, який живить компресор К1, що нагнітає повітря в труби і забезпечує доставку борошна, перестає поступати сигнал, і робота компресора припиняється. В цей момент датчик Д1 фіксує зупинку подачі борошна, і блоки ЗП4 і ЗП2 фіксують відповідно масу силосу та час.

Блок З2 запам'ятовує максимально можливу масу, яка може вміститись в один силос. Ця маса складає 35 тон для борошна високої якості. Це значення порівнюється з поточною масою силосу, і у разі заповнення силосу до цього значення подається сигнал блокування роботи реверсивного живителя і починає працювати блок тривог БТ1, який сигналізує про заповнення силосу.

Тензодатчик Д2 призначений для вимірювання маси силосу. Сигнал з Д2 поступає на В3, і блок В3 показує реальне значення маси силосу. З блока В3 значення поточної маси борошна в силосі беруть всі блоки, які його використовують, зокрема блок ПВ1, який відображає поточну масу силосу. Також цей блок відображає масу до і після кожного закачування чи відкачки борошна.

Якщо відбувається зменшення маси в силосі, але датчики Д1 і Д3 не показують процес руху борошна, то це аварійна ситуація, про яку сигналізує блок тривог БТ2.

Аналогічно до блока ПВ1, ПВ2 відображає поточний системний час (бере з системного таймера, блока В4), час початку і кінця кожної операції над силосом (бере з блоків ЗП3, ЗП4).

Викачка борошна з силосу відбувається за схемою, подібною до закачування.

З пульта оператора (або в автоматичному режимі) задається маса борошна, яка потрібна в технологічному процесі на даний момент в блоці Б2. Починається відкачка борошна з силосу.

Спрацьовує датчик руху Д3, який дає сигнал на запам'ятовування початкової маси

силосу та час початку розвантаження в блоках ЗП7 та ЗП5 відповідно.

Коли маса в силосі досягає значення, що запам'ятовано в ЗП7, мінус значення з блока Б2, то на вхід реверсивного живителя РЖ2, який живить компресор К2, що нагнітає повітря в труби і забезпечує доставку борошна, перестає поступати сигнал, і робота компресора припиняється. В цей момент датчик Д2 фіксує зупинку подачі борошна, і блоки ЗП8 і ЗП6 фіксують відповідно масу силосу та час.

У разі, якщо маса борошна в силосі опускається до мінімуму (про що говорить сигнал з В3) при тому, що з Д3 йде сигнал, то спрацьовує блок тривоги БТ3, який сигналізує про те, що даний силос майже пустий. Значення з блоків ЗП1, ЗП2, ЗП3, ЗП4, ЗП5, ЗП6, ЗП7, ЗП8 записуються в архів історії технологічного процесу. Для описаної загальної конфігурації системи треба вибрати оптимальний варіант її технічної реалізації

На основі апаратних та програмних засобів, що були вибрані вище, розроблено функціональну схему автоматизації комп'ютеризованої системи обліку борошна на хлібобулочних підприємствах.

Розробка архітектури програмного забезпечення (ПЗ) в середовищі SCADA-системи Trace Mode передбачає визначення:

- складу вузлів (nodes) системи управління, на яких буде виконуватися це програмне забезпечення;

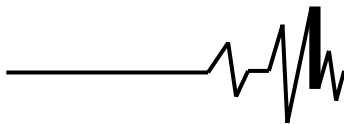
- структури об'єктів (objects) кожного вузла, яка є способом структурування бази каналів як самого вузла, так і системи управління в цілому;

- переліку каналів обробки інформації, що входять до складу кожного з визначених об'єктів ПЗ;

Для нашого прикладу структура проєктованої системи будується на основі однієї операторської станції та групи модулів віддаленого введення/виведення сигналів типу ADAM. З цих пристроїв тільки операторська станція може програмуватися засобами SCADA-системи Trace Mode. Модулі же ADAM програмуються тільки через додаткові програми-утиліти, які постачаються разом з ними.

Тому склад вузлів системи управління в редакторі бази каналів ТМ буде представлений тільки одним вузлом типу «великий МРВ», що є операторською станцією з встановленим на ній монітором реального часу (МРВ) системи ТМ.

Основне призначення системи – контроль технологічних процесів закачування та викачування борошна та регулювання технологічного процесу. Тому для основних параметрів через клавіатуру встановлюються границі їх контролю (мінімальна та максимальна). Над отриманими даними виконується процедура перевірки на вихід за встановлені границі (наявність аварії). Будь-який факт аварії записується до файлу журналу аварій, який теж є локальним архівом. Крім запису до файлу кожна аварійна подія, що визначена системою, відображається на екрані монітору у вигляді технічної анімації, а також



супроводжується виведенням на динаміки певних звукових файлів.

Оператор через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати стратегію регулювання через модифікацію її функціональних блоків).

Система може виконувати і інші функції – розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою керування верхнього рівня управління.

Після виконання основних задач регулювання технологічних параметрів зберігання та переміщення борошна виконується процедура виведення сигналів управління через канали дискретного виведення контролера. Виконується новий запит даних з модулів аналогового введення системи і процес їх обробки повторюється.

Розробка графічного інтерфейсу здійснюється в редакторі представлення даних Trace Mode, до нього завантажується проект створений в редакторі бази каналів.

Висновки. В роботі була розроблена комп'ютеризована система обліку борошна на хлібопекарському підприємстві з застосування сучасної SCADA системи. Попередня системи вимірювання параметрів та дозування коагулянту була застарілою.

Спроектована комп'ютеризована система управління містить сучасні датчики з високою точністю вимірювання та уніфікованими виходами, що дає можливість їх легкої заміни згодом. Підібрані необхідні модулі введення-виведення для зв'язку об'єкта з промисловим комп'ютером оператора.

Виділені такі переваги системи: велика економічність та ефективність, надійність системи, загальна безпека його функціонування, інтеграція територіально розподіленого виробництва. В роботі описані також переваги та недоліки програмного інструменту Trace Mode, за допомогою якого була реалізована система.

Дана система є базовою, і може слугувати основою для створення модернізованої та вдосконаленої системи управління на її основі з появою нових, дешевших та ефективніших, програмно-апаратних засобів.

Програмне забезпечення проектувалось в SCADA системі, що за своїми функціональними можливостями є зручною для процесу, що розглядається. За допомогою цієї системи розроблений зручний графічний інтерфейс.

Список використаних джерел

1. Коренець Ю. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник. Кривий Ріг. 2023. – 557 с.

2. Shtuts A., Kolisnyk M., Vydmysh A., Voznyak O., Baraban S., Kulakov P. Improvement of Stamping by Rolling Processes of Pipe and Cylindrical Blades on Experimental Research. *Actual Challenges in Energy & Mining*. 2020. Vol. 844. P.168-181. (Scopus SNIP: 0.29).

3. Khorolskyi V., Korenets Yu., Ostapenko I. Development of robototechnological complex of intellectual management by bread manufacturing for technological loading territories. *Technology audit and production reserves* 2018 №1/3 (39)-53- 58 p

4. Ковалюк Д.О., Гуза К.М., Ковалюк О.О. Розробка системи SCADA на основі веб-технологій. *Міжнародний журнал інформаційної техніки та електронного бізнесу (IJIEEB)*. 2018. 10(2), С. 25-32.

5. Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Оптиміальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія
К.: Видавництво Ліра-К. 2016-288 с.

6. Хорольський В.П., Коренець Ю.М., Копайгора О.К., Заїкіна Д.П., Невідін В. І. Автоматизовані системи керування виробництвом заморожуваних продуктів харчування. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. Хмельницький*, 2020. № 6 (291), С. 199–206.

7. Возняк О. М., Штуць А. А. Методи та засоби вимірювання параметрів потенційно нестійких НВЧ багатополіусників. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2022. 143 с.

8. Voznyak O., Shtuts A. Investigation of the process of measurement control of the concentration of carbon dioxide. In: *Traditional and innovative approaches to scientific research: theory, methodology, practice: Scientific monograph*: Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. P. 1-27. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-241-8-1>.

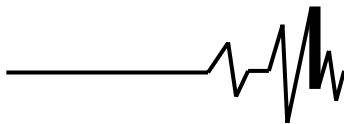
9. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навч. посіб. Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 332 с.

10. Лисогор В.М., Штуць А.А., Бородянець Я.Г., Колісник М.А., Задача оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людинно-машинним управлінням в АПК. *Технічні науки: Збірник наукових праць. ВНАУ*. 2014. № 1 (84). С. 125-130.

11. Возняк О.М., Видмиш А.А., Штуць А.А. Дослідження графоаналітичного методу визначення стандартних W- параметрів чотириполіусника. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. №4 (107). С. 67-78.

12. Возняк О. М., Штуць А.А. Розрахунок нестандартних W-параметрів чотириполіусника на біполярному транзисторі. *Техніка, енергетика, транспорт*. 2020. № 2 (109). С. 122-128.

13. Возняк О. М., Штуць А.А., Замрій М.А. Розробка мікропроцесорного контролера для вимірювання лінійного переміщення рухомих органів виконавчих механізмів вібраційних машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 2 (101). С. 71-84.



14. Возняк О. М., Штуць А.А., Нааугуст О.П. Аналіз комплексної моделі моніторингу параметрів якості електроенергетики. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 4 (115). С. 148-159.

15. Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В. К. Дослідження моделі галузі електроенергетики та методики виконання вимірювань якості електроенергії. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 1 (116). С. 150-163.

16. Возняк О.М., Штуць А.А., Булига А.І. Дослідження роботи електромеханічної системи автономної фотоелектричної насосної станції. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2023. № 2 (121). С. 139-148. DOI:10.37128/2520-6168-2023-2-15 <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=33779>

References

1. Korenets Yu. M. Automation of production processes of food technologies: a textbook. Kryvyi Rih. 2023. – 557 p. [in Ukrainian].

2. Shtuts A., Kolisnyk M., Vydmysh A., Voznyak O., Baraban S., Kulakov P. Improvement of Stamping by Rolling Processes of Pipe and Cylindrical Blades on Experimental Research. *Actual Challenges in Energy & Mining*. 2020. Vol. 844. P.168-181. (Scopus SNIP: 0.29). [in English].

3. Khorolskyi V., Korenets Yu., Ostapenko I. Development of robototechnological complex of intellectual management by bread manufacturing for technological loading territories. *Technology audit and production reserves* 2018 №1/3 (39)-53- 58 p. [in Ukrainian].

4. Kovalyuk D.O., Guza K.M., Kovalyuk O.O. Development of a SCADA system based on web technologies. *International Journal of Information Technology and Electronic Business (IJIEEB)*. 2018. 10(2), С. 25-32. [in Ukrainian].

5. Lutska N.M., Ladanyuk A.P. Optimal and robust control systems of technological objects: monograph K.: Publishing House Lira-K. 2016-288 p. [in Ukrainian].

6. Khorolskyi V.P., Korenets Yu.M., Kopaigora O.K., Zaikina D.P., Nevidin V.I. Automated control systems for the production of frozen food products. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Series: Technical sciences. Khmelnytskyi*, 2020. No. 6 (291), pp. 199–206. [in Ukrainian].

7. Vozniak O. M., Stuts A. A. Methods and means of measuring parameters of potentially unstable microwave multipoles. Vinnytsia: "TVORY" LLC. 2022. 143 p. [in Ukrainian].

8. Voznyak O., Shtuts A. Investigation of the process of measurement control of the concentration of carbon dioxide. In: *Traditional and innovative approaches to scientific research: theory, methodology, practice: Scientific monograph*: Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. P. 1-27. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-241-8-1>. [in English].

9. Stadnik M.I., Vidmysh A.A., Shtuts A.A., Kolisnyk M.A. Intelligent systems in electric power. Theory and practice: education. manual Vinnytsia National Agrarian University. Vinnytsia: "TVORY" LLC. 2020. 332 p. [in Ukrainian].

10. Lysogor V.M., Shtuts A.A., Borodyanets Y.G., Kolisnyk M.A., The problem of optimization of multi-stage technological processes with man-machine control in agriculture. *Technical sciences: Collection of scientific papers. VNAU*. 2014. No. 1 (84). P. 125-130. [in Ukrainian].

11. Wozniak O.M., Vydmysh A.A., Shtuts A.A. Study of the grapho-analytical method of determining the standard W-parameters of a quadrupole. *Technology, energy, transport, agricultural industry*. 2019. No. 4 (107). P. 67-78. [in Ukrainian].

12. Wozniak O.M., Stuts A.A. Calculation of non-standard W-parameters of a quadrupole on a bipolar transistor. *Technology, energy, transport*. 2020. No. 2 (109). P. 122-128. [in Ukrainian].

13. Wozniak O.M., Stuts A.A., Zamrii M.A. Development of a microprocessor controller for measuring the linear movement of moving bodies of executive mechanisms of vibrating machines. *Vibrations in engineering and technology*. 2020. No. 2 (101). P. 71-84. [in Ukrainian].

14. Wozniak O.M., Stuts A.A., Naaugust O.P. Analysis of a comprehensive model of monitoring of power quality parameters. *Technology, energy, transport, agricultural industry*. 2021. No. 4 (115). P. 148-159. [in Ukrainian].

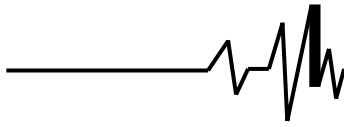
15. Wozniak O.M., Stuts A.A., Tikhonov V. K. Study of the model of the electric power industry and methods of performing measurements of the quality of electric power. *Technology, energy, transport of agricultural industry*. 2022. No. 1 (116). P. 150-163. [in Ukrainian].

16. Wozniak O.M., Stuts A.A., Bulyga A.I. Study of the operation of the electromechanical system of an autonomous photovoltaic pumping station. *Technology, energy, transport of agricultural industry*. 2023. No. 2 (121). P. 139-148. DOI:10.37128/2520-6168-2023-2-15 <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=33779> [in Ukrainian].

DEVELOPMENT OF A COMPUTERIZED FLOUR ACCOUNTING SYSTEM AT A BAKERY ENTERPRISE USING SCADA

The modern stage of the development of branches of the national economy, where automatic control and control systems are actively used, is marked by the increasing penetration of microcontroller technology, methods of control and management of technological processes are constantly being improved. In general, the development of semiconductor technology and achievements in the field of automation led to the use of devices made on integrated microcircuits, which, due to high manufacturability, small size, weight and energy consumption, became very popular.

The most accurate and effective accounting of



flour can be carried out with the help of an automated system based on modern software and technical tools.

The work, durability and quality of any system is determined not only by the novelty of the information it carries, but also by its operating characteristics, such as the speed of obtaining this information and its structure, the quality of all its component subsystems. All this fundamentally changes the properties of many systems, giving them new functions and opening up new possibilities for use.

A more detailed consideration of the functions of such systems shows their following advantages:

- multi-functionality of devices;
- ease of system control;
- control automation;
- the ability to perform quick mathematical calculations;

- miniaturization and efficiency of equipment;
- increase in reliability;
- the possibility of creating databases of information archives;
- reduction of system development time.

The creation of means of measurement, control and management of equipment and technological processes is characterized by the transition from the solution of separate, relatively simple tasks of automation to the creation on the basis of microprocessor circuits and other microelectronic elemental base of automation devices with software control from SCADA systems, which provide distributed automated control of technological processes of the entire enterprise as a whole.

Key words: computerized system, flour accounting, bakery enterprise, SCADA, production automation, inventory management, management software, food industry technology, quality control, data collection systems.

Відомості про авторів

Возняк Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: alex.voz1966@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0986-6869>).

Штуць Андрій Анатолійович – к.т.н. старший викладач кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: shtuts1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4242-2100>).

Казіміров Олександр Миколайович – магістр інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна) email: kazimirov.oleksandr@gmail.com.

Литвиненко Назар Віталійович – магістр інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна) email: nazar3lv@gmail.com

Voznyak Aleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: alex.voz1966@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0986-6869>).

Shtuts Andrii – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnechna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: shtuts1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4242-2100>).

Kazimirov Aleksandr – Master of Engineering and Technology Faculty of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine) email: kazimirov.oleksandr@gmail.com.

Lytvynenko Nazar – Master of Engineering and Technology Faculty of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna Street, 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine) email: nazar3lv@gmail.com