

УДК 681.5

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РІВНЯ ТА ДОЗОВАНОЇ ПОДАЧІ РІДИНИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ЗАСОБІВ**

Соболь Я.С., студент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Лебеденко Ю.О., кандидат технічних наук, доцент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Ключові слова:* автоматизація, контроль рівня, дозування, ультразвуковий датчик, тензометричний датчик, мікроконтролер, харчова промисловість, хмарні технології.

У сучасних умовах харчової промисловості автоматизація процесів моніторингу та дозування рідких продуктів є критично важливою для забезпечення якості та дотримання санітарних норм. Україна, як активний учасник глобального ринку харчових технологій, потребує впровадження ефективних систем контролю, що дозволяють мінімізувати втрати сировини та підвищити точність фасування.

Необхідність впровадження інноваційних підходів до моніторингу рівня та дозування обумовлена недоліками існуючих рішень: складністю інтеграції в автоматизовані системи управління, високою вартістю та обмеженою адаптивністю до різних типів харчових рідин. Вдосконалення таких систем дозволить підвищити економічну доцільність та практичність виробничих ліній [1].

Метою дослідження є розробка та удосконалення автоматизованої системи контролю рівня та дозованої подачі рідини (наприклад, напоїв або фільтрованих середовищ) із використанням мікроконтролерних засобів та сучасних методів візуалізації даних.

Основний матеріал. Системи моніторингу та дозування рідких середовищ на харчових підприємствах класифікуються за типом використовуваних сенсорів та принципом дії виконавчих механізмів. У сучасній практиці для контролю рівня рідини застосовують наступні типи датчиків [2]:

1. Ультразвукові датчики: забезпечують безконтактне вимірювання, проте можуть мати похибку при наявності піни або пари над поверхнею продукту.

2. Контактні електродні датчики: мають просту конструкцію, але схильні до окислення та обростання органічними відкладеннями.

3. Поплавкові датчики: вирізняються високою надійністю, енергонезалежністю та стійкістю до змін щільності або прозорості рідини.

У даному дослідженні для системи моніторингу наповнення резервуарів обрано ультразвуковий датчик [3]. Основними перевагами цього вибору є відсутність механічного контакту з середовищем (що відповідає системі НАССР), висока точність контролю при великих обсягах зберігання та можливість гнучкого налаштування під різні типи

емностей. Використання програмного забезпечення дозволяє в режимі реального часу аналізувати зміни рівня для прогнозування динаміки наповнення.

Щодо процесу дозованої подачі та фасування рідини, в дослідженні розглянуто наступні підходи:

1. Об'ємне дозування (за часом): просте в реалізації, але залежне від стабільності тиску в системі.

2. Оптичне дозування: дозволяє фіксувати рівень у тарі, проте чутливе до забруднення оптичних елементів.

3. Вагове дозування (тензометричне): базується на використанні тензодатчиків для вимірювання маси продукту.

Для реалізації фінального етапу розливу (наприклад, газованих напоїв або концентратів) обрано ваговий метод [4]. Його перевага полягає у найвищій надійності серед існуючих методів, оскільки вимірювання маси не залежить від температури рідини, наявності бульбашок газу або піноутворення. Це забезпечує точне дотримання технологічних регламентів та відповідність продукції державним стандартам ваги.

Прототип централізованої системи на базі мікроконтролера Arduino (рис. 1) [5] здійснює збір даних з поплавкового датчика рівня та керує тензометричною платформою через модуль реле. Візуалізація процесу реалізована за допомогою LCD-дисплея з I2C-інтерфейсом, що дозволяє оператору контролювати стадії наповнення та дозування у режимі реального часу.

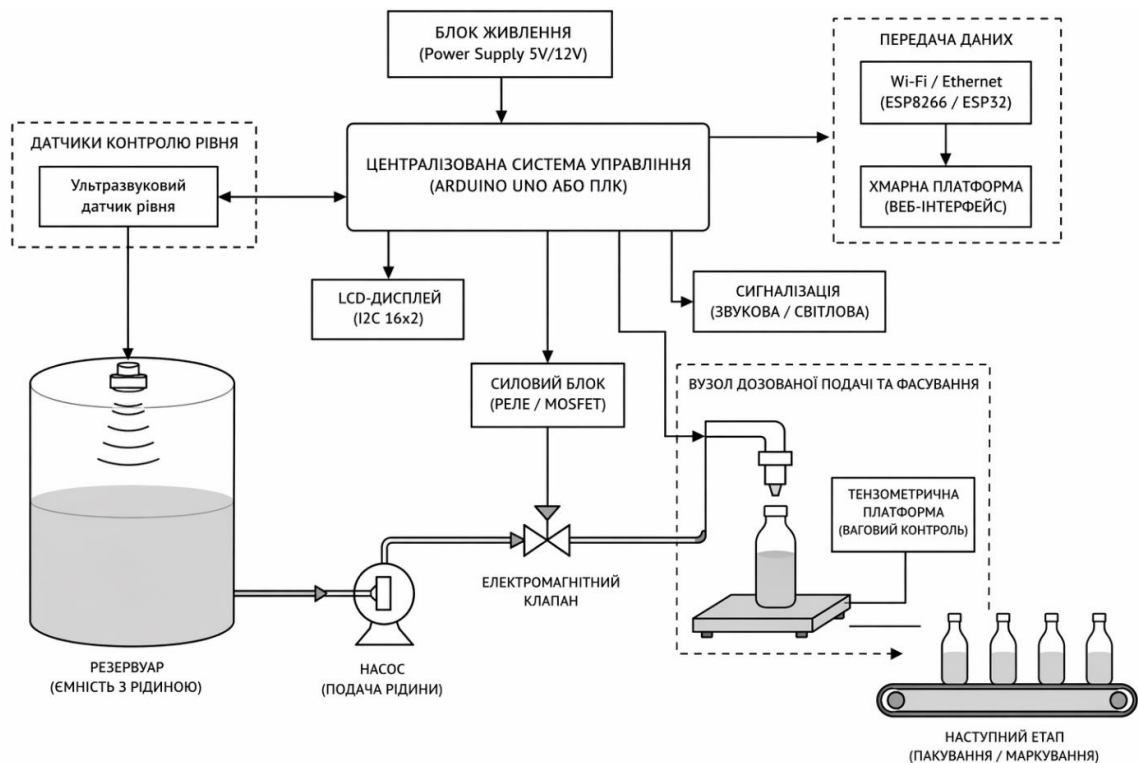


Рисунок 1 – Функціональна схема системи контролю рівня та дозованої подачі рідини

Структура розробленої автоматизованої системи контролю рівня та дозованої подачі рідини являє собою багаторівневу архітектуру, що інтегрує низку взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких виконує специфічні функції у межах єдиного технологічного процесу [6]. Такий підхід забезпечує комплексність, надійність та гнучкість системи, дозволяючи її адаптувати до різних виробничих умов.

Першим елементом є підсистема живлення, яка відповідає за стабілізацію напруги (5В/12В) для всієї електронної частини. Її ключова функція полягає у захисті контролера та сенсорів від коливань електромережі, що гарантує безперервність роботи та знижує ризик виходу обладнання з ладу. Надійне живлення є фундаментом для коректного функціонування інших модулів.

Підсистема контролю рівня рідини базується на ультразвукових датчиках, що здійснюють безконтактне вимірювання залишку продукту в резервуарі. Це рішення не лише підтримує стерильність середовища відповідно до стандартів НАССР, але й забезпечує своєчасне інформування оператора про необхідність дозаправки, що критично для безперервних виробничих циклів.

Центральним елементом прототипу виступає підсистема керування, реалізована на базі мікроконтролера Arduino. Вона виконує роль логічного ядра, збираючи дані з сенсорів, приймаючи рішення щодо активації насосів та реалізуючи алгоритми дозування. Завдяки програмованій логіці система може бути легко модифікована під специфічні вимоги виробництва.

Для взаємодії з оператором передбачена підсистема відображення та сигналізації, яка включає LCD-дисплей для візуалізації параметрів та зумер для оперативного сповіщення про аварійні ситуації чи завершення циклу. Це підвищує ергономіку та безпеку експлуатації.

Силова підсистема керування складається з релейних модулів, що комутують потужне обладнання (насоси, клапани), ізолюючи його від низьковольтної логіки. Така архітектура забезпечує електробезпеку та захист мікроконтролера від перевантажень.

Фізичне транспортування продукту реалізує підсистема подачі та фасування, яка завдяки ШІМ-регулюванню забезпечує плавне наповнення тари без розбризкування. Це особливо важливо для харчових та фармацевтичних виробництв, де точність і чистота процесу мають вирішальне значення.

Фінальний етап контролю здійснює підсистема вагового контролю, що базується на тензOMETричній платформі. Вона гарантує точність дози незалежно від піноутворення чи температурних коливань рідини, що підвищує якість готової продукції.

Завершує архітектуру підсистема передачі та візуалізації даних, яка за допомогою Wi-Fi/Ethernet модулів інтегрує систему з хмарними сервісами [7]. Це дозволяє вести архів виробництва, здійснювати віддалений моніторинг та аналітику, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації.

Особливістю системи є її універсальність та персоналізація: користувач може налаштовувати параметри дозування під різні типи тари, змінювати частоту оновлення даних чи інтегрувати додаткові сенсори. Використання безконтактних датчиків та високоточних тензометрів забезпечує оперативну реакцію на зміни технологічного процесу, запобігаючи недоливам, перевитратам або псуванню продукції. Таким чином, система поєднує інноваційні технічні рішення з практичною орієнтацією на ефективність виробництва, що робить її перспективною для широкого застосування у харчовій, фармацевтичній та хімічній промисловості.

Функціонування цих підсистем у комплексі забезпечує повний контроль над циклом подачі рідини: від моніторингу залишків у великих резервуарах до філігранного фасування готового продукту у споживчу тару. Це дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва та гарантувати довготривале зберігання якісних показників харчової продукції.

Запропонована система забезпечує надійний контроль рівня рідини та точне дозування у процесі фасування, що є критично важливим для харчового виробництва. Використання ультразвукового датчика та вагового методу дозволяє мінімізувати похибки і підвищити стабільність процесу незалежно від властивостей продукту. Завдяки простоті реалізації, адаптивності та можливості інтеграції з мережевими сервісами, система є ефективним рішенням для модернізації виробничих процесів і зниження втрат сировини.

#### Список використаних джерел

1. Ковальчук О. В., Мельник І. П., Гуменюк А. С. Автоматизація технологічних процесів харчових виробництв. Київ: НУХТ, 2023. 320 с.
2. ModernMethodsofLiquidLevelMeasurementinIndustry [Електроннийресурс] – Режимдоступу: [https://www.engineeringtoolbox.com/liquid-level-measurement-d\\_496.html](https://www.engineeringtoolbox.com/liquid-level-measurement-d_496.html) (датазвернення: 17 квітня 2026)
3. Ultrasonic Level Sensors in Food Industry Applications [Електроннийресурс] – Режимдоступу: <https://www.ifm.com/ua/uk/shared/productnews/level-sensors> (датазвернення: 17 квітня 2026)
4. Industrial Weighing Systems and Load Cell Technology [Електроннийресурс] – Режимдоступу: <https://www.hbm.com/en/0010/products/load-cells/> (датазвернення: 17 квітня 2026)
5. Arduino Documentation: Sensors, Actuators and Control Systems [Електроннийресурс] – Режимдоступу: <https://docs.arduino.cc/> (датазвернення: 17 квітня 2026)
6. Programmable Logic Controllers: Fundamentals and Applications / Petruzella F. D. – New York: McGraw-Hill, 2022. 400 p.
7. Automation in Food Processing: Principles and Practice / Kumar R., Singh P. – London: Elsevier, 2024. 295 p.