

І.П. ПАЛАМАРЧУК, О.В. ЗОЗУЛЯК, О.О. ГЕРАСИМОВ
Вінницький національний аграрний університет

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ВИМІРЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНО-ОСМОТИЧНОГО СУШІННЯ

© Паламарчук І.П., Зозуляк О.В., Герасимов О.О., 2012

*Висвітлено основні елементи розробленого вимірювального комплексу
для дослідження основних параметрів вібрації.*

*The basic elements of the developed vimiryuvalego complex are reflected for research
of basic parameters of vibration.*

Вступ. Дослідженню поведінки технологічного завантаження в середині коливного контейнера розглядають праці багатьох відомих учених, зокрема: Сергієва О.І., Франчука В.П., Бабічева А.П., Надутого А.П. та ін. [1–4].

У вібраційному полі коливальна поверхня надає силові імпульси від нижчих до вищерозташованих шарів технологічного завантаження. Внаслідок дії сил тертя та незворотної деформації, пов'язаних з дисипацією енергії, вібраційні імпульси у міру їх передачі від одного моношару до іншого поступово загасають залежно від властивостей технологічного середовища та величини силових параметрів вібрації. При цьому, чим далі від джерела вібрації розташований моношар завантаження, тим меншою є амплітуда періодичного складового його руху.

Явище розсіювання енергії, а також нерівномірність і неодноразність передачі силового імпульсу до поверхні окремих моношарів внаслідок їх здатності до стискання зумовлюють різницю за фазою у переміщенні моношарів. Величина такого зсуву фаз, як показали експериментальні дослідження, зменшується у міру віддалення від джерела коливань. Крім того, через взаємне проковзування часток технологічного середовища спостерігається зниження швидкості переміщення вищерозташованих шарів по відношенню до нижчих, що є особливо характерним для процесу вібротранспортування.

У замкненій ємкості робочої камери коливання поверхні зумовлюють відривання маси завантаження та ущільнення біля суміжних стінок, що викликає періодичну передачу ударних імпульсів. У тій частині маси завантаження, що безпосередньо контактує із стінкою, виникають пружні сили, які і створюють ущільнення. У стані же відриву тиск зменшується та під дією пружних сил зовнішній шар технологічного завантаження починає розширюватися в усі боки, в той час, як решта завантаження продовжує рух по інерції. Пружні сили, що є протилежними до інерційних, сповільнюють рух часток, які знаходяться поблизу зони контакту. При цьому величина пружних сил, як правило, значно перевищує величину інерційних, тому протилежно розташовані частки набувають додаткового прискорення. Уповільнення одних часток, розташованих у зоні стискання, та прискорення інших, які знаходяться у діаметрально протилежній зоні розрідження, призводить до розпушування або розривання маси завантаження.

Завдяки збільшенню об'єму наповнювача під час розпушення зменшується внутрішнє тертя та створюються сприятливі умови для передачі енергетичного імпульсу у масі технологічного середовища. Проте у міру збільшення розпушування та відповідно зменшення щільності середовища знижується ефективність контактної взаємодії між частками, що призводить до зменшення продуктивності об'ємної вібраційної обробки.

Отже, набуває актуальності проблема оцінки основних параметрів технологічного завантаження вібраційного контейнера.

Мета роботи – розробити вимірювальну апаратуру для дослідження основних параметрів вібрації, безпосередньо отримуючи інформацію з маси технологічного завантаження, для реалізації якої були поставлені такі завдання:

- розробити мікроконтролерний комплекс для оцінки параметрів коливального руху оброблюваної продукції;
- розробити необхідні системи дослідження параметрів вібраційного фільтраційно-осмотичного сушіння;
- випробувати досліджуваний вимірювальний комплекс для оцінки теплоактивних зон термічної камери.

Викладення основного матеріалу. Основними елементами розробленого вимірювального комплексу є мікроконтролерний пристрій (рис. 1, б), дисплей (рис. 1, а), програматор (рис. 1, в), сенсори-перетворювачі (рис. 1, г).

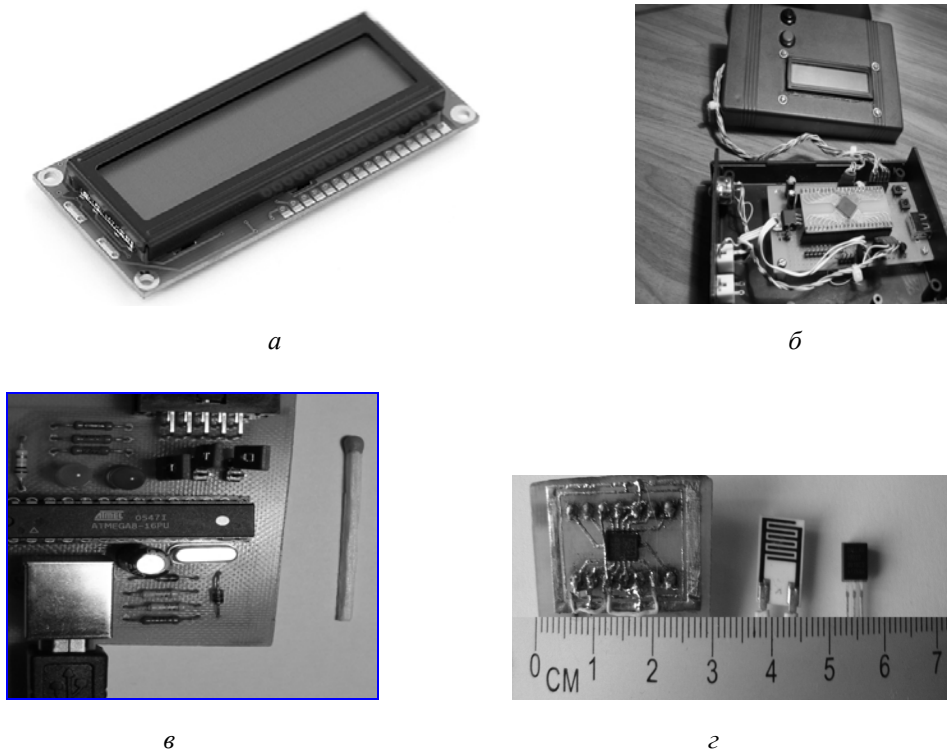


Рис. 1. Основні складові мікроконтролерного комплексу б:
а – дисплей; б – мікроконтролерний пристрій; в – програматор;
г – сенсори-перетворювачі температури, відносної вологості повітря та віброшвидкості

Основу пристрою (рис. 2) становить мікроконтролер АТmega324Р, який виконує такі ключові функції:

- отримання даних з наявних датчиків;
- початкову обробку отриманих даних;
- у разі наявності підключення до комп'ютера – підтримку зв'язку з ним, а також передачу наявних на цей момент часу, оброблених даних на комп'ютер;
- обробку команд користувача;
- виведення інформації на дисплей.

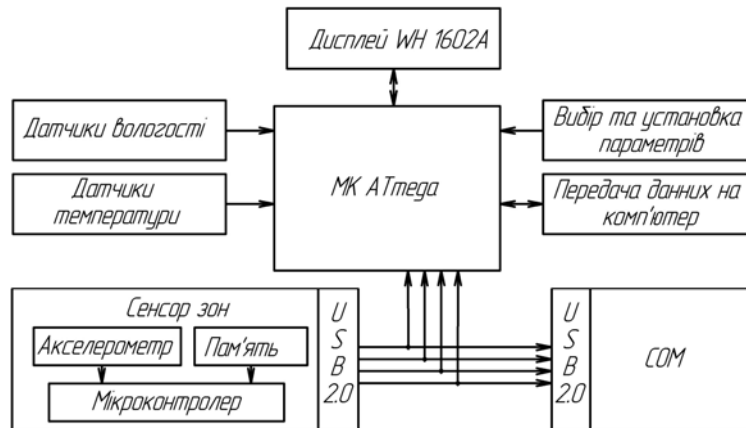


Рис. 2. Блок-схема мікроконтролерного пристрою вимірювання та автоматичного регулювання параметрів технологічних процесів

Задіяно датчики температури DS18B20 завдяки їх порівняно невисокій ціні, високій точності та простоті використання.

Для вимірювання відносної вологості повітря були обрані аналогові датчики GYHR-101. Аналоговий сигнал перетворювався у цифровий за допомогою вбудованого у мікроконтролер аналогово-цифрового перетворювача.

Для здійснення відбору інформації про рух окремих фіксованих точок земної поверхні був задіяний сенсор-акселерометр LIS302DL

Для локального виведення інформації був задіяний дисплей WH1602A, який є оптимальним за обсягом інформації, що виводиться, простотою впровадження та ціною.

Керування виводом інформації на дисплей та деякими параметрами пристрою реалізоване натисканням двох кнопок, розміщених на передній панелі пристрою. Зв'язок з комп'ютером реалізовано через інтерфейс USB, реалізація його на боці мікроконтролера – програмна.

Програму МК написано мовою програмування C (ANSI C). Використовувалась стандартна бібліотека `avr-libc`, порт компілятора GNU GCC на архітектуру AVR – `avr-gcc`, GNU Make.

Доповнювальну комп'ютерну сторону (інтерфейс для виведення отриманої з пристрою інформації) написано мовою програмування Ruby, з задіянням бібліотек GTK+ та libusb.

Для написання програм використовувався текстовий редактор GNU Emacs та система контролю версій Git. Для запису програми у пам'ять МК використовувалась програма `avrdude` та програматор `USBasp`.

З метою формування струмів електродів була розроблена функціональна схема (рис. 3) і виготовлений комплекс електронних пристроїв, який забезпечував генерацію струмів з можливістю зміни їх частоти, густини та асиметрії. Блок задання частоти був реалізований на основі логічних елементів 2I-HE інтегральної мікросхеми 561JA7 типу КМОН (5), що уможливило отримати сигнали прямокутної, трикутної та синусоїдальної форми з широким діапазоном зміни частоти (6) з часовим зсувом позитивного і негативного напівперіодів з незалежним регулюванням підсилення струмів електродів. Підсилення струмів кожного напівперіоду здійснювалось окремими транзисторами різної провідності: позитивного напівперіоду – КТ827А, негативного – КТ825А (7). Було передбачене незалежне регулювання амплітуди входних сигналів кожного з підсилювачів, що забезпечувало зміну асиметрії струмів у широких межах, а достатній статичний коефіцієнт підсилення струмів бази транзисторів ($V_{ст.} = 18000$) та потужність розсіяння на колекторах ($P_{к. макс} = 120$ Вт) необхідні значення густини струмів. Стабілізований блок живлення та підсилювач потужності були розміщені в окремому корпусі.

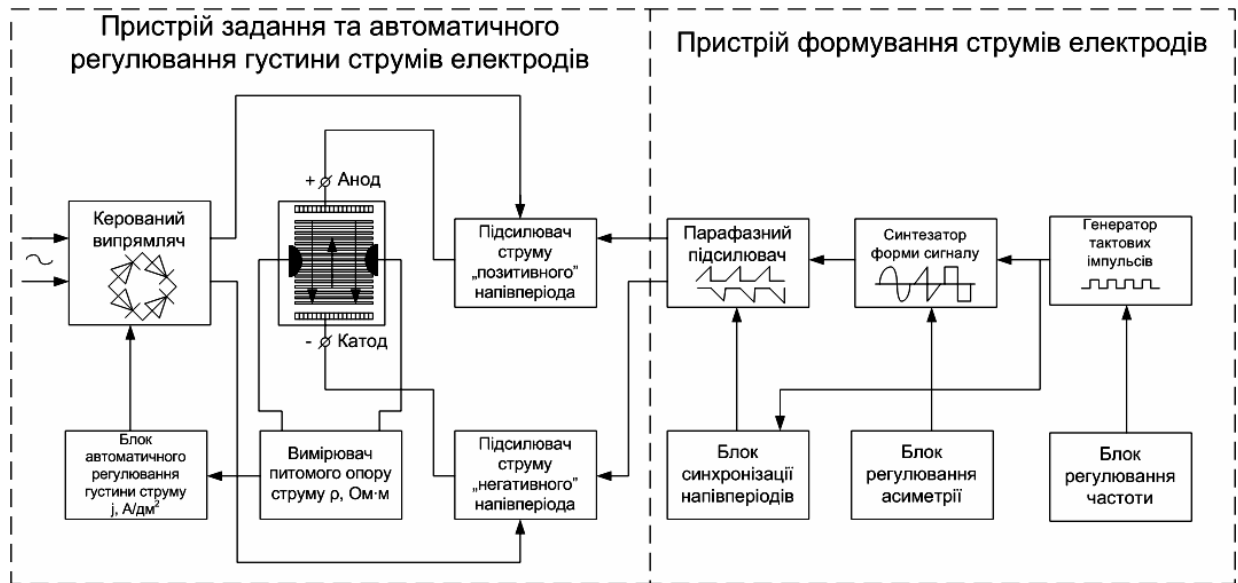


Рис. 3. Функціональна схема пристрою формування струмів електродів

Автоматичне регулювання густини струмів здійснювалось зміною середнього значення вихідної напруги керованого випрямляча залежно від поточної вологості продукції, яка була пропорційна до питомого опору шару насіння.

Реалізація системи передачі та обробки необхідної інформації забезпечується програматором за допомогою блок-схеми (рис. 4).

Мікроконтролерна система забезпечувала такі вимірювання:

- вимірювання та автоматичне регулювання температури сушильного агента;
- вимірювання температури шару продукції;
- вимірювання відносної вологості сушильного агента на вході та виході з сушильної камери;
- вимірювання параметрів вібрацій: віброприскорення, частоти, амплітуди;
- реєстрацію траєкторій руху характерних точок вібраційного обладнання.

Отримані дані виводились на дисплей мікроконтролерної системи і на монітор комп'ютера в реальному часі.

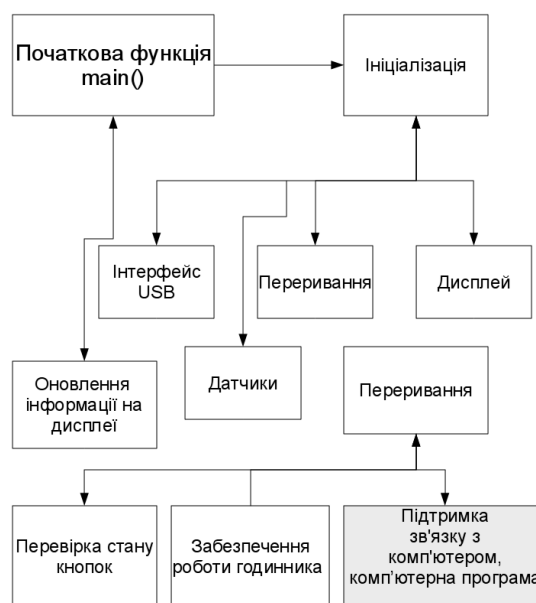


Рис. 4. Блок-схема програми

У процесі досліджень була розроблена і виготовлена експериментальна лабораторна сушильна установка (рис. 5).

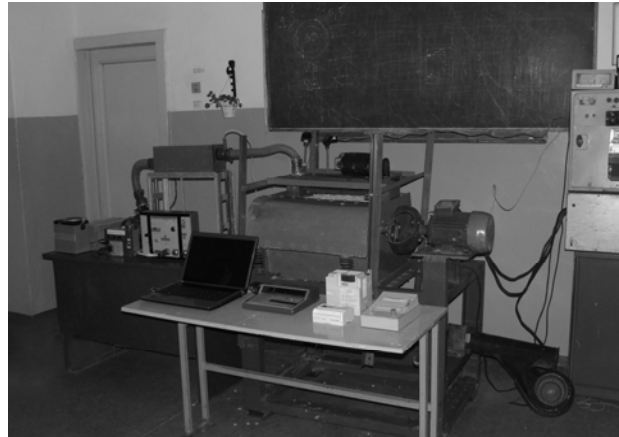


Рис. 5. Комплекс дослідження процесу вібраційного фільтраційно-конвективного сушіння високовологого насіння

З метою визначення інтенсифікуючої дії електроосмотичного ефекту були проведені експериментальні дослідження з застосуванням відповідних розроблених і виготовлених засобів.

За допомогою мікропроцесорного пристрою, траєкторії характерних точок сушильної камери по осях XYZ у графічному поданні у реальному часі виводились на монітор персонального комп'ютера. Також пристрій забезпечував автоматичне регулювання і вимірювання температури, графічне подання відносної вологості сушильного агента на вході і виході з сушильної камери і температури продукції (рис. 5).

Із застосуванням розробленої і виготовленої мікроконтролерної системи, яка входила до комплексу технологічного та вимірювально-регулювального обладнання, були проведені експериментальні дослідження впливу механічних (вібраційних), гідродинамічних та теплообмінних чинників на процеси фільтраційного, конвективного і електроосмотичного вологовидалення високовологого насіння.

Як бачимо з отриманого зображення, траєкторія руху точки, яка знаходиться на днищі сушильної камери, має порівняно з іншими характерними точками найбільше співвідношення вертикальної осі до горизонтальної за еліпсоїдної форми траєкторії (рис. 6).

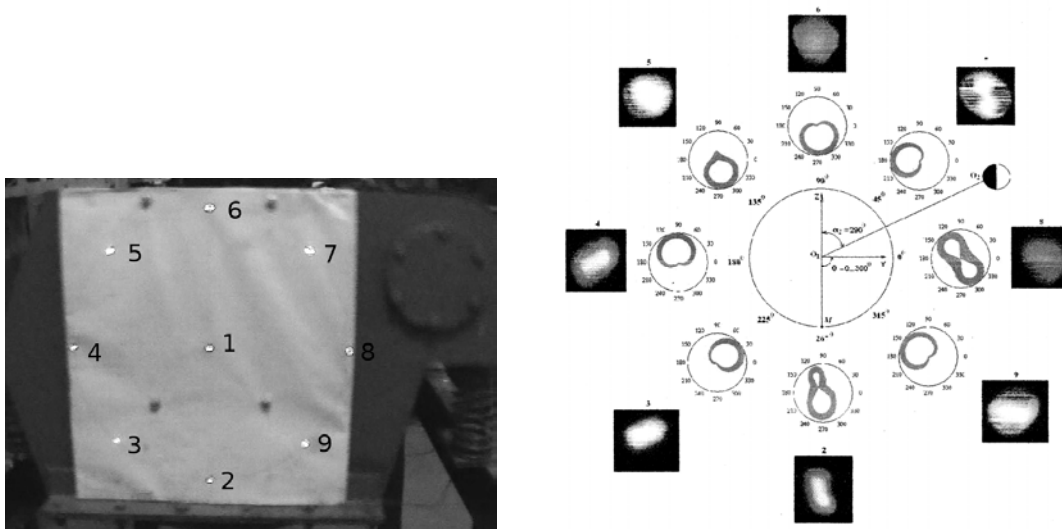


Рис. 6. Оцінка теплоємності робочої камери вібраційної сушиarki:
 а – характерні точки сушильної камери; б – траєкторії руху характерних точок сушильної камери за оптимального розміщення вібробуджувача ($\alpha=290^\circ$)

Висновки: 1. Розроблений мікроконтролерний вимірювальний комплекс дає змогу змінити інформацію про параметри вібрації та температурні характеристики безпосередньо з маси оброблюваного середовища.

2. Для реалізації системи підготовки та вилучення інформації були розроблені блок-схеми мікроконтролерного вимірювання та формування струмів електродів.

3. За допомогою вимірювального комплексу були визначені характерні точки сушильної камери за оптимального розміщення вібробуджувача.

1. Ананьев И.В. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем / И.В. Ананьев – М.: Гостехиздат, 1946. – 223 с. 2. Балицкий В.В. Влияние массы загрузки на амплитуду колебаний рабочей камеры вибрационной машины / В.В.Балицкий // Сб. трудов НИИМАШ.– 1973.– № 11. – С. 75–85. 3. Горшков Б.И. Элементы радиоэлектронных устройств / Б.И. Горшков – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с. 4. Повидайло П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешеном состоянии / П.Г. Повидайло, Н.Б. Рашковская. – Л.: Химия, 1979. 5. Транзисторы: справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 204 с. 6. Шилов В.Л. Популярные цифровые микросхемы: справочник / В.Л. Шилов. – Челябинск: Металлургия, 1999. – 352 с.