



УДК 637.5.02

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ВАРЕНИХ КОВБАС

Петриченко С.В., к.т.н.,

Лобода О.І., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-13-06

Анотація – представлено структурну схему автоматичної системи управління технологічним процесом термообробки варених ковбас. Для проектування мікропроцесорної системи управління складено циклограму технологічного процесу.

Ключові слова – ковбаса, термокамера, термообробка, режим, оператор, мікроконтролер.

Постановка проблеми. Аналіз існуючих технологічних процесів теплової обробки варених ковбас, різноманітність операцій теплових процесів, що використовуються при цьому, та необхідність точного дотримання режимів термообробки потребує не просто автоматизації цих процесів, а комплексного підходу до розробки систем керування режимами термічної обробки на основі мікропроцесорної техніки [1, 2].

Технологічний процес термообробки м'ясопродуктів рекомендується починати з прогрівання виробів в термокамері при температурі 50...55 °С з циркуляцією теплого повітря усередині камери. Завдяки даному прогріванню значно скорочується час подальшої просушки, і відповідно зменшуються термовитрати. На даному етапі активізується реакція кольороутворення в м'ясній емульсії за рахунок інтенсивного розпаду нітриту натрію. Тривалість прогрівання залежить від діаметру ковбасних виробів і складає 20...30 хвилин. Оптимальна температура після прогрівання в центрі ковбасного батона малого діаметру повинна досягти 40 °С, великого діаметру - 30 °С [2, 4].

Для отримання готової продукції високої якості перед обжарюванням необхідно підсушити оболонку ковбасних виробів (не допускаючи пересушування). Між батонами треба дотримувати певну відстань, уникати злипання. Перед подачею диму ковбасні батони необхідно добре прогріти потоком гарячого повітря. В процесі підсушу-

вання відбувається випаровування вологи з оболонки і слабо зв'язаної вологи з м'ясної емульсії. По мірі зневоднення здатність оболонки до сорбції коптильних речовин надалі збільшується. Проте при надмірному висушуванні оболонки, що супроводжується усадкою і зменшенням діаметру мікрокапілярів, ступінь сорбції знов може впасти. З цієї причини в процесі підсушування і обжарювання необхідно постійно контролювати стан (вологість, еластичність) поверхні продукту. Оптимальна температура підсушування – 50-60 °С, відносна вологість – 20-30%. При зниженні відносної вологості швидкість випаровування різко зростає і оболонка може порепатися, збільшуються втрати маси продукту. При відносній вологості вище 30% хід підсушування сповільнюється – оболонка зберігає сіре забарвлення. Тривалість процесу підсушування також залежить від типу використовуваної оболонки. Оптимальна швидкість руху середовища в термокамері складає 2 м/с. При цій швидкості забезпечуються мінімальні втрати маси при хороших органолептичних показниках готових виробів.

Обжарювання (гаряче копчення) - обробка поверхні м'ясопродуктів гарячими димовими газами з температурою 50-120 °С протягом періоду від 30 хвилин до 3 годин. Температура обжарювання багато в чому визначається видом м'ясопродуктів. Для більш жирнішої сировини потрібні мінімальні температури, щоб запобігти виступу жиру на поверхні оболонки. Щоб уникнути утворення зайвої зморшкватості оболонки рекомендується підвищення вологості в камері до 52 ± 5 % за 15-20 хвилин до закінчення процесу обжарювання. Тривалість обжарювання залежить від діаметру батона і виду м'ясопродуктів. Як правило, процес проводять в дві фази: підсушування оболонки при 50-60 °С і власно обжарювання при максимальних температурах [3].

Мета обжарювання - зміцнення структури і набуття товарного вигляду, завершення стабілізації забарвлення фаршу, випаровування частини слабо зв'язаної вологи, що дозволяє отримати готовий продукт з монолітною структурою, і дія на ковбаси диму, що забезпечує приємний специфічний смак і запах ковбас. При обжарюванні активізується реакція кольороутворення (з температури 25-30 °С) в м'ясній емульсії за рахунок інтенсивного розпаду нітриту натрію. Застосування низьких температур обжарювання або скорочення її тривалості приводить до появи пористості і блідо-сірого кольору.

Велике значення при варінні м'ясних продуктів має швидкість нагріву. При дії високих температур протягом короткого часу унаслідок інтенсивного випаровування готовий виріб матиме незадовільні органолептичні показники, низьку соковитість і вихід. При повільному нагріві денатурація білкових фракцій носить характер послідовного наростання, функціональні групи білків поступово і активніше беруть участь в побудові вторинного структурованого каркаса емульсії,

що супроводжується меншою усадкою системи і мінімальними втратами води. М'які режими термообробки (при температурі 75-80 °С) забезпечують вищі виходи, покращують ніжність і соковитість продукту. Проте застосування м'яких режимів нагріву у виробничих умовах приводить до необхідності подовження технологічного процесу. Ступінчасті режими термообробки дозволяють забезпечити краще скріплення і розподіл вологи по об'єму продукту, поліпшити його якісні характеристики, скоротити загальну тривалість процесу. Чим м'якше режими термообробки, тим більше виражений м'ясний аромат готових виробів. Тому варіння ковбасних виробів рекомендується проводити ступінчасто:

- I ступінь – при температурі 50-55 °С до температури в центрі батона 30-35 °С;
- II ступінь – при температурі 65-70 °С до температури в центрі батона 55 °С;
- III ступінь – при температурі 78-85 °С до температури в центрі батона 72 °С.

В процесі варіння завершується реакція кольороутворення: при температурі 60 °С червоне забарвлення зберігається усередині м'яса, при температурі 60-70 °С, йде інтенсивне фарбування емульсії в рожевий колір.

Чим вище темп нагріву, тим менш стабільне забарвлення м'ясопродуктів. Перевищення рівня кінцевої температури, що регламентується при варці, в центрі продукту до 75-80 °С приводить до зміни кольору м'яса і появи сіро-коричневого відтінку.

Копченню піддають напівкопчені, варено-копчені і сирокопчені ковбаси. Умови проведення процесу копчення залежать від вигляду і товщини ковбасних виробів.

При копченні необхідно підтримувати достатньо високу щільність диму, щоб процес йшов інтенсивніше. Слід уникати надмірно швидкого зневоднення поверхневих шарів фаршу, інакше в ковбасних батонах можуть утворюватися порожнечі. Важливо підтримувати температурний режим, при збільшенні температури може оплавитися шпик, що знижує стійкість копченого продукту при зберіганні.

При копченні ковбасних виробів рекомендується підтримувати повільне горіння палива (тління) при достатньому доступі повітря. Дим, що утворюється в цьому випадку, додає продукту приємний колір і аромат. При проведенні процесу при низьких температурах краще використовувати дрова, тирсу і стружку (тріску), отримані від дерев листяних порід (бук, дуб, горіх, вільха, плодови дерева та ін.).

Охолодження ковбасних виробів необхідно проводити традиційним способом - зрошування холодною водою протягом 15-45 хвилин залежно від діаметру оболонки до температури в центрі батона

40-45 °С з подальшим охолодженням в камері при температурі 0-8°С до температури в центрі не вище 10°С. Можливе охолодження продукту з інтервалами (5 хвилин зрошування водою - 5 хвилин пауза), що сприяє економії води, забезпечує одночасну і рівномірну усадку оболонки і фаршу, виключає зморшкуватість поверхні батона. Для запобігання появи зморшок на оболонках охолодження ковбасних виробів необхідно проводити відразу після термообробки. При цьому оболонка щільно облягає продукт.

Порушення температурних режимів термообробки погіршує якість готових виробів. Інтенсивне надмірне переохолодження ковбасних виробів може в подальшому (при відвантаженні) привести до конденсації вологи на їх поверхні, в результаті колір оболонки блякне, погіршується зовнішній вигляд, створюються умови для розвитку небажаної мікрофлори.

Аналіз останніх досліджень. Однією з найважливіших структурно-механічних характеристик ковбасного фаршу і готових варених ковбас є розмір і взаємне розташування часток, що визначають структуру фаршу.

Ковбасний фарш має багатокомпонентний склад і значну деструкцію інгредієнтів сировини, що зумовлюють високу чутливість процесу формування структури до технологічних параметрів процесу обробки.

Фарш варених ковбас одержують внаслідок повного руйнування м'язової тканини. Ковбасний фарш є трифазною системою, за агрегатним станом фаз він має рідке дисперсне середовище і тверду дисперсну фазу, а також насичений пухирцями повітря. Фарш належить до зв'язнодисперсних структур, у яких дисперсійне середовище структурно закріплене і не може вільно переміщатися. Розмір часток є основною кількісною характеристикою дисперсності, тому що значення їхніх величин тісно зв'язане з показниками якості продукту. Навіть при постійній концентрації фази розміри часток впливають на стан системи, її міцність і в'язкість.

Тверда дисперсна фаза складається з часток м'яса і сполучної тканини, що мають адсорбовані на поверхні молекули води, і часток жиру, оточених білковими молекулами. У водо-білково-сольовому розчині дисперсного середовища знаходяться білкові молекули, що також мають гідрооболонку, і молекули солей.

Ковбасному фаршеві властиві як фізико-хімічні, так і фізико-механічні форми зв'язку вологи. Фізико-механічний зв'язок зумовлений утриманням вологи в осередках структури, у мікро і макрокапілярах. Фізико-хімічний зв'язок спричинений адсорбцією вологи в гідратних оболонках або осмотичним утриманням у клітках.

Структура фаршу варених ковбас являє собою тонкодисперсну систему, у якій тверда дисперсна фаза складається з емульгованих часточок жиру, оточених розчинним міозимом, а також набряклих часточок м'язових і сполучних волокон різного розміру [5]. Рідка фаза – дисперсне середовище – складається з розчинних білків, з'єднань органічного і неорганічного характеру і доданої при кутеруванні води. Вода, зв'язуючись з білками, утворює гель або матрицю, у якій утримуються частки дисперсної фази. Після термообробки внаслідок денатурації білків утворюється безперервний просторовий каркас, що додає твердість і монолітність продуктові. У формуванні гелевої матриці і білково-жирової емульсії визначальну роль грають режими термічної обробки ковбасних виробів. Порушення температурних параметрів та швидкості протікання термічних процесів спричиняють появу бульйонно-жирових патьоків – стікання і застигання бульйонно-жирової суміші під ковбасною оболонкою, розтріскування та репання оболонок, нерівномірність термічної обробки.

Всі ці дефекти обумовлюють зниження споживчих властивостей варених ковбас: неоднорідність фаршу всередині батона ковбаси при візуальному огляді і неоднорідність за смаком усередині батона.

Формулювання цілей статті. Розробка системи автоматичного управління процесом обробки варених ковбас в термокамері періодичної дії на базі AVR мікроконтролеру з метою забезпечення автоматичного підтримання температури та вологості повітря в камері та зміни режимів термічної обробки ковбасних виробів в залежності від температури всередині контрольного ковбасного батону.

Основна частина. На рис. 1 представлена технологічна схема термокамери періодичної дії. Контейнери 1, в яких розміщена партія ковбасних батонів (напівфабрикати), подаються на вхід камери. Оператор, керуючий режимами роботи, отримує інформацію k1 про характеристики партії сировини. На основі цих характеристик обирається програма обробки даної партії.

Оператор подає команду на завантаження партії. Програмний пристрій завантаження 2 здійснює завантаження і розміщення в об'ємі камери 13 партії контейнерів 11, які підлягають обробці. Сигнал щодо готовності камери до роботи k2 поступає при закритті дверцят 14.

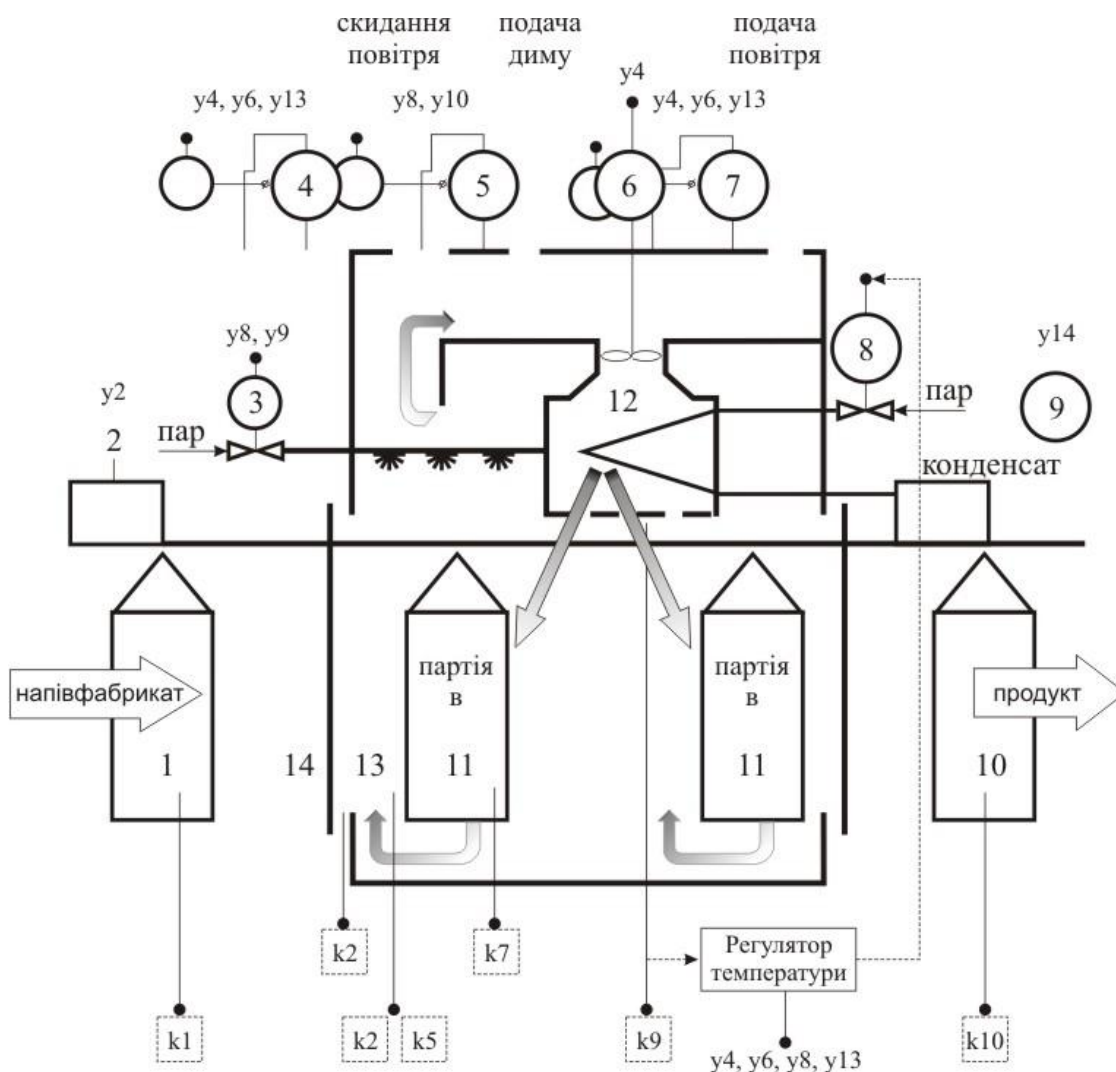


Рис. 1. Технологічна схема камери періодичної дії для термообробки ковбас.

Запускається програма, яка формує технологічні операції термообробки даної партії:

- операція "підсушка";
- операція "обжарювання";
- операція "варка";
- операція "охолодження".

При реалізації цих операцій за програмою відбувається керування: подачею пари для зволоження повітря в об'ємі камери 3; скиданням повітря з об'єму камери 4; подачею диму в об'єм камери 5; включення вентилятору, який забезпечує циркуляцію повітря через об'єм продукту 6; подачею атмосферного повітря в об'єм камери 7; подачею енергоносія (пара) 8 через регулятор РТ у нагрівач повітря 12 для підтримки заданої за програмою температури повітря в камері.

При реалізації операцій термообробки за програмою відбувається також контроль:

- температури повітря на вході до камери з підігрівача k9;

- температури всередині контрольного ковбасного батону k7;
- вологості повітря в об'ємі камери k3, k5.

При реалізації програми термообробки запускається таймер, який контролює часові проміжки:

- тривалість операції "обжарювання" τ_0 ;
- тривалість циклу подачі диму в об'єм камери τ_d ;
- граничне значення тривалості режиму "варка" τ_b .

Сигнал завершення програми реалізації операції термообробки поступає від вимірювача температури повітря в камері k9 (зниження температури до значення, при якому можна почати розвантаження). По цьому сигналу оператор запускає програмний пристрій розвантаження 9, і контейнери з готовим продуктом 10 виводяться з камери 13.

Передбачено переривання програми і перевід системи в ручний режим керування, якщо тривалість режиму "варка" перевищить припустиму величину. Періодично з метою контролю якості продукції і моніторингу стану обладнання з партії 10 роблять вибірку і проводять оцінювання показників якості готового продукту k10.

На рис. 2 представлено циклограму послідовності реалізації операцій контролю і керування при обробці партії ковбас. Масштаб по осі часу циклограми умовний.

Технологічний цикл термообробки партії ковбас починається з контрольної операції k1 визначення характеристик завантаженої партії сировини (код ковбаси, що виготовляється, код оболонки, маса партії та інше). Тривалість цієї операції Δt_1 , яка виконується в основному ручним методом, може складати від декількох десятків хвилин до декількох годин.

У відповідності характеристик партії з банку даних обирається і запускається операція керування Y1 - програма, яка формує режими обробки даної партії. Вибір коду програми термообробки даної партії може здійснюватися автоматично (після вводу до системи управління інформації про характеристики сировини) або задається оператором.

Запускається програма завантаження контейнерів з ковбасними напівфабрикатами і розміщення їх в об'ємі термокамери - операція управління Y2. Операція завантаження завершується закриванням дверей камери. Цей момент контролюється за сигналом від кінцевого вимикача, встановленого на дверцятах (контрольна операція k2).

З програми, запущеної на позиції Y1 обираються команди, що формують режим підсушки, необхідний для завантаженої партії сировини (операція керування Y3).

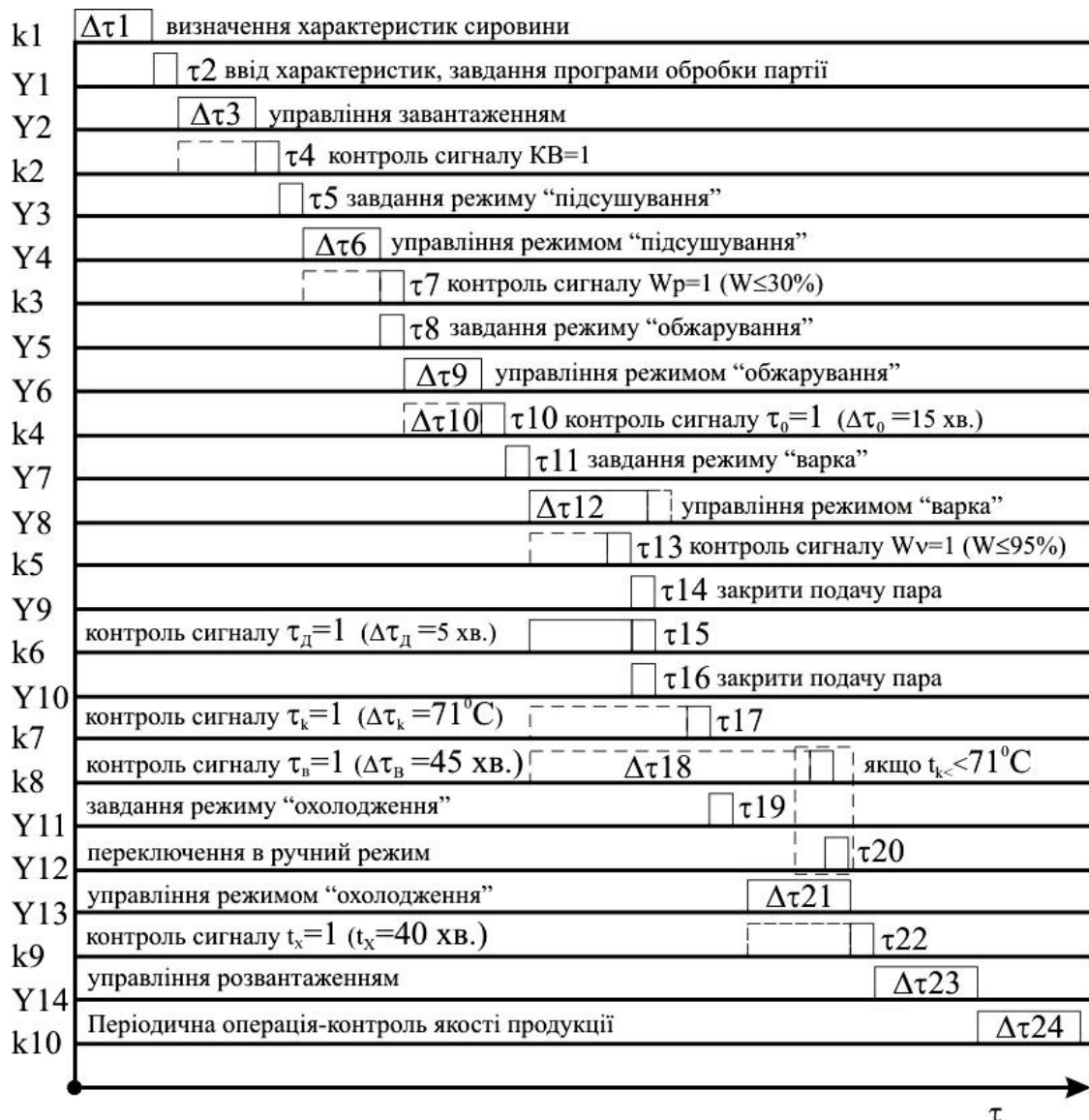


Рис. 2. Циклограма реалізації операції контролю і керування при термообробці партії варених ковбас в камері періодичної дії.

Технічні засоби автоматизації камери реалізують програму режиму підсушки - видалення залишкової вологи з повітряного середовища (керуюча операція Y4). Шибери на повітропроводі і вентиляторі, які забезпечують циркуляцію повітря, включаються в режим вентиляції камери зовнішнім нагрітим у повітронагрівачі до температури t_p "сухим" повітрям. Вологе повітря з об'єму камери скидається до атмосфери, при цьому за час цієї операції включено регулятор температури повітря на виході з повітронагрівача, який підтримує температуру повітря на вході до камери поблизу значення $t_p = 85-95 \text{ }^\circ\text{C}$. Уставка регулятора обирається по програмі Y1, наприклад, із умов термостійкості ковбасної оболонки. Одночасно контролюється зміна вологості повітря в об'ємі камери до значення, наприклад, $W_p < 30 \%$.

За сигналом $W_p = 1$ (контрольна операція k3) з програми Y1 обираються команди, які формують режим обсмажування для завантаженої партії сировини (операція керування Y5).

Технічні засоби автоматизації камери переводять обладнання камери в режим інтенсивної термообробки ковбасних батонів сухим гарячим повітрям для утворення "корочки" (операція управління Y6).

Повітряні потоки переключаються в режим замкненої циркуляції через камеру і повітряний нагрівач. Уставка регулятора температури на виході повітрянагрівача t_0 задається за програмою Y1, наприклад, $t_0 = 95$ °C, для даного виду ковбас і підтримується під час операції. При включенні операції запускається лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_{10}$. Тривалість операції задається з програми Y1, наприклад, $\Delta\tau_{10} = 15$ хв.

Коли пройде заданий час, таймер формує сигнал $\tau_{10} = 1$ (контрольна операція k4), яка визначає перехід до режиму "варка" - доведення партії ковбас до споживчої готовності. З програми Y1 обираються команди, які формують режим варки для завантаженої партії сировини (операція керування Y7). Технічні засоби автоматизації камери переводять обладнання камери у режим обробки заготовок димо-вологоповітряною сумішшю (операція керування Y8). Повітряний потік циркулює по замкненому колу через камеру і повітрянагрівач. Температура на виході нагрівача t_v підтримується регулятором. Уставка регулятора, наприклад, $t_v = 85$ °C, задається з програми Y1. При запуску режиму "варки" в об'єм повітря в камеру подається перегрітий пар. Одночасно контролюється зміна вологості повітряного середовища в камері (контрольна операція k5). При досягненні вологості, яка потрібна для даної партії сировини, наприклад, $W_v = 95$ %, програмою Y1 за сигналом $W_v = 1$ подача пари до камери припиняється (операція керування Y9).

При запуску режиму "варка" відкривається також шибер подачі диму від димогенератору в об'єм камери. Одночасно запускається лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_d$. Тривалість подачі диму, наприклад, $\Delta\tau_d = 5$ хв., визначається програмою Y1. За сигналом таймера $\tau_d = 1$ (контрольна операція k6) шибер подачі диму закривається (операція керування Y9).

Під час всього періоду реалізації режиму "Варка" відбувається контроль зміни температури всередині контрольного ковбасного батону t_k (контрольна операція k7). При досягненні температури кулінарної готовності, наприклад, $t_k = 75$ °C, формується сигнал $t_k = 1$, який визначає перехід до режиму "охолодження".

При запуску режиму "варка" запускається також лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_b$. Цей лічильник контролює граничну тривалість режиму "варка". Наприклад, $\Delta\tau_b = 45$ хв. (ко-

нтрольна операція k7). Чисельне значення Δt_b задається програмою Y1 для даної партії. Сигнал від лічильника $\tau_b = 1$ поступає, якщо за період часу Δt_b температура всередині батону не досягнута. По цьому сигналу формується перевід системи керування даної камерою в режим ручного керування і інформація оператору в вигляді "Кулінарна готовність партії не досягнута" (операція керування Y12). Наступні операції керування камерою проводяться оператором вручну.

Режим "охолодження" формується за сигналом $t_k = 1$ (контрольна операція k7), за командами, що обираються з програми Y1 (операція керування Y11). Технічні засоби автоматизації переводять обладнання в режим вентиляції камери навколишнім холодним повітрям. Нагріте повітря з камери виводиться в атмосферу (операція керування Y13).

За період реалізації режиму контролюється температура повітря в камері t_0 (контрольна операція k9). При зниженні температури повітря до значення, визначеного програмою Y1, наприклад, до $t_x = 40$ °C, формується сигнал $t_x = 1$. Виводиться інформація оператору "Партія готова" і технічні засоби автоматизації переводяться в режим "розвантаження" (операція управління Y14).

Періодично за планом контролю якості готової продукції з партії беремо вибірку продукту і проводимо вимір і оцінювання показників якості (контрольна операція k10).

Циклограма (рис. 2) є основою для розробки алгоритму реалізації програмно – логічної системи керування циклами роботи термокамери, а також програми для мікроконтролера, на якому реалізована така система.

В нашому випадку краще використовувати мікропроцесор (МП) з тришинною структурою - з шинами даних ШД, адреси ША і управління ШУ (рис. 3) [6].

Програма функціонування МП занесена до енергонезалежної пам'яті ПЗП, необхідні змінні і вибірки вимірів зберігаються в оперативній пам'яті ОЗП. Об'єкт управління ОУ (термокамера) має аналогові і дискретні виконавчі механізми ВМ і має систему аналогових датчиків $D_1 \dots D_n$. Для можливості зміни оператором режимів роботи системи використовується пульт керування ПК.

Взаємодія МП з ОК і ПК напряму неможлива, і для їх сполучення застосовано ряд периферійних пристроїв. Дешифратор ДС доповнює ШУ сигналами активізації пристроїв по їх адресу. Пристрій вводу - виводу ПВВ₁ на основі інформації з ШД під дією сигналів з ШУ керує мультиплексором MUX для подачі на вхід аналого-цифрового перетворювача АЦП аналогового сигналу з одного із датчиків [7].

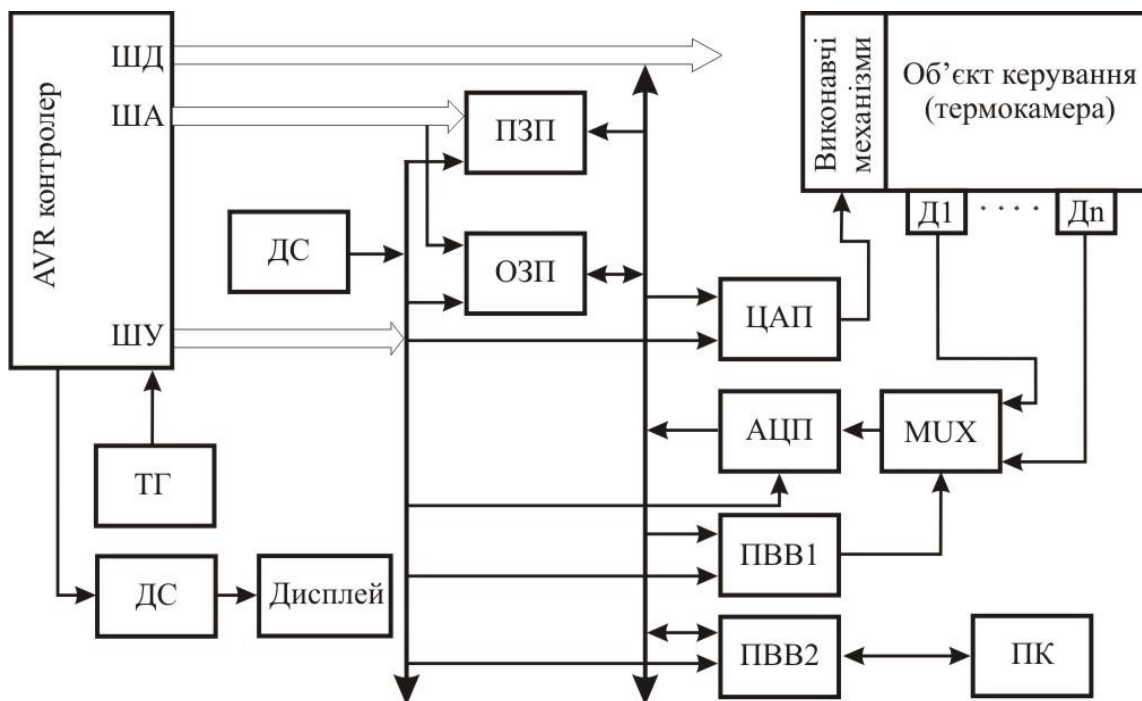


Рис. 3. Структурна схема управління процесом термообробки варених ковбас на базі AVR мікроконтролеру.

АЦП перетворює сигнал в цифрову форму і видає його на ШД під дією сигналів з ШУ. Пристрій вводу - виводу ПВВ₂ передає до системи інформацію о дії оператора та взаємодіє з ПК. Цифроаналоговий перетворювач ЦАП по коду з ШД і керуючим сигналом з ШУ видає на виконавчий механізм ВМ об'єкта керування ОК керуючу дію. Представлена структурна схема побудована AVR мікроконтролері з RISC структурою фірми Atmel.

Висновки.

1. На основі технологічного процесу термічної обробки вареної ковбаси розроблена схема автоматичного керування термокамерою, для якої визначені інформаційні та силові потоки.
2. Розроблена циклограма реалізації операції контролю і керування при термообробці партії варених ковбас в камері періодичної дії.
3. Складено структурну схему системи автоматичного керування процесом на базі AVR мікроконтролеру з RISC структурою фірми Atmel.

Література.

1. Мищенко Е.П. Технология и оборудование колбасного производства/ Е.П. Мищенко, Е.И. Гольдман. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 304 с.
2. Янушкин Н.П. Технология мяса и мясопродуктов и оборудование мясокомбинатов/ Н.П. Янушкин, И.А. Лагоша. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 664 с.
3. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. Справочник / Л.М. Корнюшко. – М.: Колос, 1993. - 304 с.

4. *Гвоздев О.В.* Технологія обладнання для переробки продукції тваринництва [Гвоздев О.В., Ялчак Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М.]. – Суми: Довкілля, 2004. – 420 с.
5. *Ивашов В.И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: уч. пос. для вузов / В.И. Ивашов. – М.: Пищевая промышленность, 2007. – 464 с.
6. *Трамперт В.* AVR RISC микроконтроллеры/ Пер. с нем. В. Трамперт. – К.: "МК-Пресс", 2006. – 464 с.
7. *Белов А.В.* Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / А.В. Белов. – СПб.: Наука и Техника, 2008. – 544 с.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТЕРМООБРАБОТКИ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

Петриченко С.В., Лобода О.І.

Аннотация - представлена структурная схема автоматической системы управления технологическим процессом термообработки вареных колбас. Для проектирования микропроцессорной системы управления составлена циклограмма технологического процесса.

SPECIFIC FEATURES OF THE MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM FOR SAUSAGE THERMAL COOKING PROCESS

S. Petrichenko, A. Loboda

Summary

The block diagram of automatic process control system of heat treatment is presented for cooking of sausages. The sequence diagram of the process was composed to design microprocessor control system.