

**В.О.Лукашук, І.С. Кондіус, Л.Ю. Федік**

*Луцький національний технічний університет*

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕР-КАМЕРОЮ ПІД ЧАС  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ТЕМНОГО ПЛИТКОВОГО  
ШОКОЛАДУ**

*У статті викладено актуальність контролю і оптимізації темпер-камери під час виробництва темного плиткового шоколаду. Зазначено значення її оптимізації для забезпечення якості продукту, стабільності процесу. Описано принцип роботи темпер-камери. Вказано параметри технологічного процесу темперування в темпер-камері. Розроблено функціональну схему автоматизації темпер-камери.*

*Ключові слова: шоколад, темперування, технологічний процес, температура, нагрів.*

**V.O. Lukashuk, I.S. Kondius, L.Y. Fedik**

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE TEMPERATURE CHAMBER DURING  
THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE PRODUCTION OF DARK BAR CHOCOLATE**

*The article describes the relevance of tempering chamber control and optimization during the production of dark bar chocolate. The importance of its optimization to ensure product quality and process stability is indicated. The principle of operation of the temperature chamber is described. The parameters of the technological process of tempering in the tempering chamber are indicated. A functional scheme for automating the temperature chamber has been developed.*

*Key words: chocolate, tempering, technological process, temperature, heating.*

**Постановка проблеми.**

Харчова промисловість Волині відноситься до найбільш інвестиційно привабливих галузей народного господарства нашої країни та для прямих іноземних інвестицій. За цими показниками вона поступається тільки машинобудуванню, обробленню деревини та виробництву виробів із деревини, не враховуючи меблів. Розвиток харчової промисловості та створення її нових неперервних процесів зумовили необхідність автоматизації виробництв цієї галузі[1].

Виробництво шоколаду посідає в цій ніші значне місце. Оскільки протягом багатьох століть цей продукт є одним із найулюбленіших ласощів мільйонів людей. 73 % населення країни є споживачами даного продукту, а середньостатистичний українець споживає в рік приблизно 2,5 кг шоколаду. Його вважають смачними «ліками» від депресії і незамінним засобом від втоми. Навіть відзначають два дні в рік Всесвітні дні шоколаду (11 липня і 13 вересня). А отже попит на нього на вітчизняному ринку досить стабільний і високий [2].

Під час виробництва шоколаду велике значення має забезпечення якості продукту, стабільність процесу, економія ресурсів і дотримання нормативів і стандартів. У нашій країні обов'язкові європейські стандарти у сфері безпеки та якості продуктів харчування з какао та шоколаду почали діяти для всіх виробників із 1 січня 2018 року. Вони регламентуються основним національним стандартом України ДСТУ 3924:2014 «Шоколад. Загальні технічні вимоги». Після введення європейських норм у нашій країні національні стандарти якості стали добровільними для виконання. І виробник має право самостійно вирішувати, як вибудовувати технологічні процеси і визначати критерії якості продукту [3].

Тому актуальним є дослідження і вдосконалення технологічного процесу виробництва шоколаду що забезпечить дотримання зазначених показників його якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Дослідженнями процесу виробництва шоколаду займалися такі вчені як: Дорохович А.М. (2005 р.), Сухенко Ю.Г. (2005 р.), Полякова О.І. (2005 р.), Болгова Н.В. (2012 р.), Шматков Д.І. (2015 р.), Єрмілова Н.В. (2020 р.).

**Вирішення невирішених раніше частин**

Проте, невирішеним завданням під час виробництва темного плиткового шоколаду є модернізація системи керування темпер-камерою.

**Формулювання цілей статті**

© В.О. Лукашук, І.С. Кондіус, Л.Ю. Федік

Здійснити аналіз і розробку функціональної схеми автоматизації керування і контролю темпер-камери під час виробництва темного плиткового шоколаду. Це сприятиме поліпшенню точності вимірювання та регулюванню технологічних параметрів під час виробництва, збільшення надійності функціонування технологічного обладнання в цілому, завдяки дотриманню відхилень параметрів у допустимих межах.

### Виклад основного матеріалу

У процесі виробництва шоколаду можна виділити такі основні етапи: випалювання бобів (очищення і смаження для досягнення властивого для какао смаку і запаху), крекінг і віяння (рафінування, відокремлення від оболонки, дробіння), змішування (різних компонентів), перемелювання і вичавлювання (відповідно до утворення какао-пасти і какао-олії), конширування (видалення всієї залишкової вологи, усунення несумісних смаків, ароматів, грудочок, летючих кислот і надмірної гіркоти), темперування (охолодження маси для кристалізації какао олії та однорідного розподілу суміші).

Плитковий шоколад є одним із найпопулярніших видів шоколаду. Важливою запорукою цього є його упаковка, забезпечуюча захист, переміщення та доставку без втрат якості.

Зазвичай виробництво плиткового шоколаду здійснюється згідно технологічного процесу зображеного на рис. 1 [4].

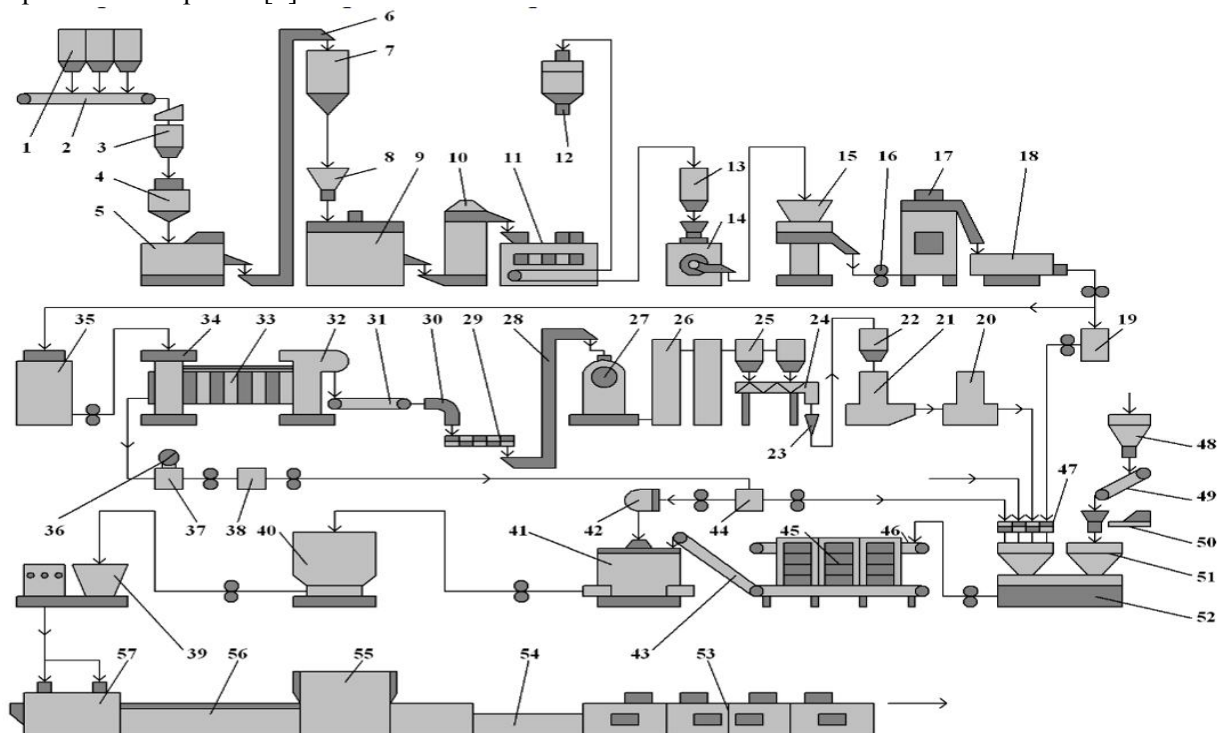


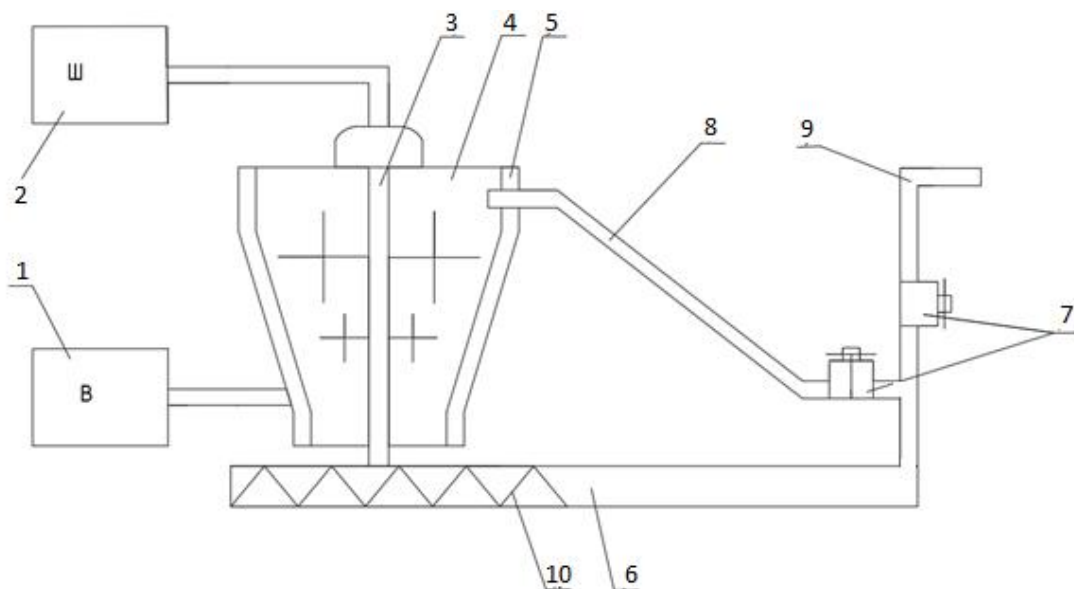
Рис. 1. Схема технологічного процесу виробництва плиткового шоколаду:

- 1 – бункер; 2 - конвеєр; 3 - автоматичні ваги; 4 - бункер-живильник; 5 - очищувально-сортувальна машина; 6 - елеватор; 7 - проміжний бункер; 8 - живильник; 9 - обжарювальний апарат; 10 - елеватор; 11 - подрібнюючо-очисно-сортувальна машина; 12 - циклон; 13 - бункер; 14 - ударно-шрифтовий млин; 15 - дисковий млин; 16 - помпа; 17 - кульковий млин; 18 - темпер-збірник; 19 – збірник (виготовлення шоколаду); 20 – поліетилен-машина; 21 - машина для фасування; 22 - збірник; 23 - класифікатор; 24 - шнек; 25 - циклон; 26 - теплообмінний апарат; 27 - шрифтовий млин; 28 - елеватор; 29 - шнек; 30 - макуходробарка; 31 - стрічковий конвеєр; 32 - гідравлічний прес; 33 - робочі камери; 34 - дозуюча ємність; 35 – збірник (отримання какаоолії, какаопорошку); 36 - ваги; 37 - ємність; 38 - фільтр; 39 - темпер-камера; 40 – бункер; 41 - ротаційна кош-машина; 42 - дозатор; 43 - конвеєр; 44 - збірник; 45 - п'ятивалкові млини; 46 - конвеєр; 47 - дозатори; 48 - бункер; 49 - конвеєр; 50 - дозатори; 51 - млин; 52 - рецептурно-змішувальна установка; 53 - загортокова машина; 54 - стрічковий живильник; 55 - охолоджувальний апарат; 56 - конвеєр з формами; 57 - відливна машина

Темперування є важливим процесом під час виробництва шоколаду, оскільки забезпечує потрібну кристалізацію жирів у шоколаді, що впливає на текстуру, вигляд і тривалість зберігання продукту.

Найпоширенішим методом темперування є повільне нагрівання та охолодження шоколаду до певних температур. Під час нагрівання відбувається рівномірний розподіл кристалів жирів у шоколаді, а під час охолодження - перетворення нестабільних кристалів жирів у стійкі, що надає блискучої текстури та довготривалої стійкості утвореному шоколаду.

Технологічний процес темперування шоколаду здійснюється в темпер-камері 39, рис. 1. Розглянемо принцип роботи темпер-камери, рис. 2. Шоколадна маса температурою 45–50 °С подається в конусоподібний бункер 4 з перемішуючим пристроєм 3 і водяною сорочкою 5. Завдяки перемішуванню здійснюється рівномірне охолодження і подача маси в отвір завантажувального корпусу машини, що представляє собою горизонтальний циліндр 6. Усередині циліндра обертається п'ятизахідний шнек 10 частотою 30 об/хв. Завдяки незначній висоті витків шнека (2-5 мм), маса переміщується тонким шаром і послідовно проходить зони секції камери (визначені зміною форми камери) в сорочки, де безперервно подається вода і шоколадна маса набуває потрібної температури.



**Рис. 2. Схема темпер-камери:**

1 – ємність із водою; 2 – ємність із шоколадом; 3 – перемішуючий пристрій; 4 – конусоподібний бункер; 5 – водяна сорочка; 6 – горизонтальний циліндр; 7 – кран-помпа; 8 – похила труба; 9 – вивідна труба; 10 – п'ятизахідний шнек

Температура шоколадної маси під час виходу з першої та другої зон охолодження повинна мати певні параметри, табл. 1. Для підтримання цієї температури в сорочки третьої зони та вивідної труби 9, подають воду температурою 31-32°C від бачка з електропідігрівачем.

Процес темперування здійснюється безперервно, тому в разі необхідності припинення подачі шоколадної маси в камеру, закривають один з кранів 7, що розміщений на вертикальній трубі і відкривають другий кран розміщений на похилій трубі. У результаті цього сировина повертається до темпер-камери [4].

Для досягнення якісної продукції було визначено оптимальні параметри технологічного процесу, які подані в табл. 1.

З метою забезпечення якості шоколаду під час виробництва система керування темпер-камерою має являти собою комплекс технічних засобів і програмного забезпечення автоматизації цього процесу, що повинна складатися з таких елементів:

1. темпер-камери - пристрою для нагрівання та охолодження шоколаду. Який містить внутрішню ємність із шоколадом і зовнішньою оболонкою, що забезпечують рівномірне нагрівання та охолодження;

2. датчиків температури - пристроїв для контролю температури шоколаду, які встановлені в темпер-камері для передавання даних до системи керування;

Табл. 1.

**Параметри технологічного процесу темперування шоколадної маси**

№ з/п	Параметр	Одиниця вимірювання	Значення	Допустиме відхилення
1	Температура шоколадної маси на вході	°С	50-55	±1
2	Температура шоколадної маси на виході з першої зони охолодження	°С	33-34	±1
3	Температура шоколадної маси на виході з другої зони охолодження	°С	31-32	±1
4	Швидкість обертання шнека	об/хв	30	±0,5
5	Час темперування	хв	20-30	±1
6	Температура води	°С	31-32	±1
7	Тиск у трубах	кПа	39,24	±1

3. програмного забезпечення - програми, завдяки якій контролюється температура в темпер-камері та керується процес темперування;

4. комп'ютерного обладнання - пристроїв для обробки даних від датчиків температури. Вони використовуються для моніторингу та керування процесом.

Для визначення рівня автоматизації процесу темперування у камері розроблена функціональна схема її автоматизації, рис. 3.

Під час подання шоколадної маси у темпер-камеру температурою 45-50°С спрацьовує датчик рівня 1-1 і рівнемір безшкальний 1-2. Після заповнення темпер-камери до заданої межі перемикач 1-4 подає сигнал клапану 1-5, і подача сировини припиняється. Це триває, до тих пір поки рівень мас у конусоподібному бункері не стане меншим за заданий рівень. У цьому випадку показник рівня речовини в ємності 1-3 передає сигнал перемикачеві для відкривання клапана.

Після заповнення камери до певної межі, показник рівня речовини 1-3 подає сигнал електродвигуну та перемішувачу 1-7 і п'ятизахідний шнек 1-9 починають працювати. Завдяки процесу перемішування здійснюється рівномірне охолодження і подача маси в отвір завантажувального отвору машини у вигляді горизонтального циліндра.

Процес охолодження відбувається в бункері завдяки нижчій температурі його стінок порівняно з шоколадною масою. На стінці водяної сорочки бункера встановлений вимірювач температури 5-1, що з'єднаний з термометром 5-2, для передачі зчитаних даних приладу показникам вимірювання 5-3 встановленим на щиті.

Для підтримання однакової температури в водяній сорочці вода постійно змішується з водою резервуару через труби.

Автоматизована система керування темпер-камерою працює таким чином. У ємності з водою встановлені датчики вимірювача рівня 2-1 і вимірювача температури 3-1. Перший сповіщає прилад для вимірювання рівня із дистанційною передачею показання 2-2, який передає інформацію приладу показання рівня речовини в ємності 2-3, що розміщений на щиті. Якщо рівень води в ємності відповідає певній величині, то сигнал надходить на датчик 2-4, кран з помпою відкривається і охолоджувальна вода надходить у водяну сорочку темпер-камери.

Для контролю температуру води в ємності, застосований датчик вимірювання температури 3-1, що з'єднаний з приладом для вимірювання температури безшкальним із дистанційною

передачею показань 3-2. Він передає сигнали приладу для показання температури 3-3 і встановлений на щиті.

Для контролю температури шоколадних мас всередині конусоподібної камери передбачений вимірювач температури 4-1. На прилад для вимірювання температури 4-2 виводиться інформація з приладу для показників температури 4-3, що розміщений на щиті.

Сигнал про величину температури приладів передають датчики, встановлені після першої та другої зони охолодження шоколадної маси. Температуру води в сорочці третьої зони та сорочці вивідної труби показує третій термометр. Установчі стрілки трьох термометрів зблоковані з реле та електромагнітними клапанами, для автоматичного регулювання подачі води в сорочку відповідної зони темпер-камери.

Температура шоколадної маси під час виходу з першої зони охолодження повинна становити 33-34°C, а з другої - 31-32°C. З метою підтримання норми температури сировини в сорочки третьої зони та відвідну трубу, подається вода температурою 31-32°C.

А для отримання потрібної температури шоколадної маси сировина проходить через циліндр, п'ятизахідний шнек і відповідні зони темпер-камери, в сорочку яких безперервно подається вода певної температури.

Для потрапляння до другої зони темпер-камери передбачене проходження шоколадної маси через конвеєр. Що містить датчик вимірювання температури 8-1, передаючий сигнал про її величину до приладу встановленого за місцем 8-2, який дистанційно передає отриманий сигнал на щит 8-3. Сигнал надходить до датчика 8-6, якщо температура шоколаду відповідає певній величині, і відкривається кран-помпа 8-7. На цьому завершує процес темперування темного шоколаду в темпер-камері і шоколадна маса йде на наступний етап виготовлення шоколаду. Однак, якщо шоколадна маса не відповідає заданій температурі, то сигнал із 8-3 надходить на датчик 8-4. Завдяки якому активується кран-насос 8-5, що закриває кран і відкриває кран на похилій трубі, якою маса повертається у темпер-камеру.

Для контролю тиску у системі керування темпер-камерою в горизонтальному циліндрі і в похилій трубі передбачені датчики тиску 9-1, 10-1. Розробка даної схеми проведена згідно стандарту [5].

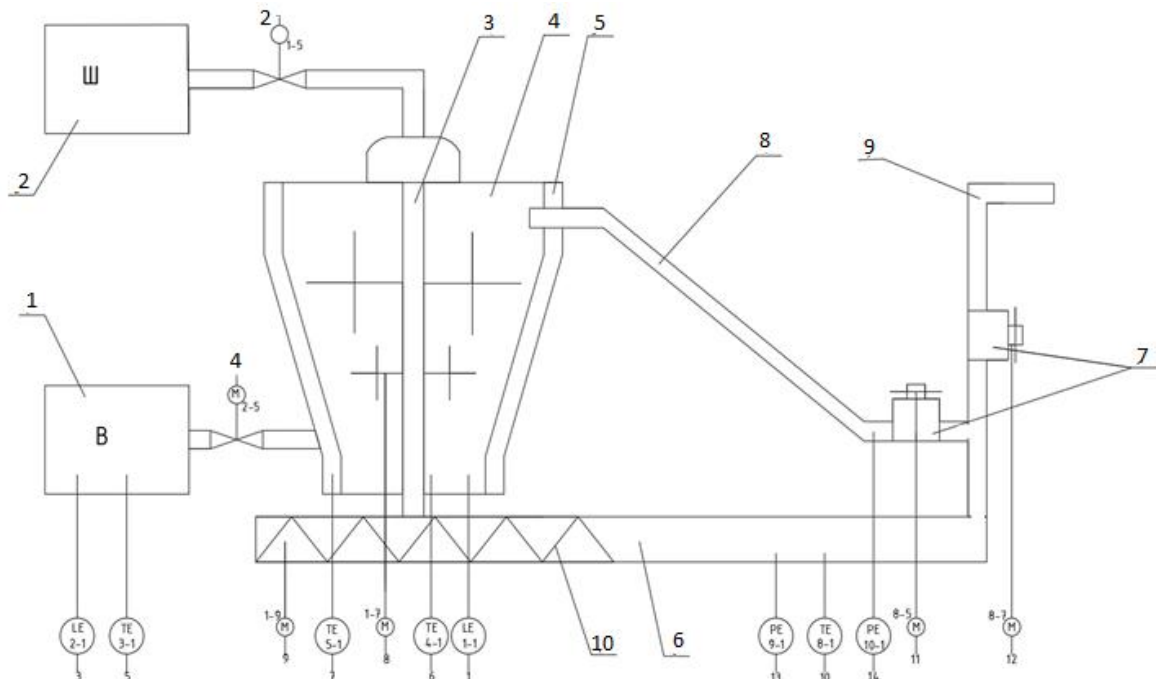


Рис. 3. Функціональна схема автоматизації темпер-камери

**Висновки**

Отже, темперування є важливим етапом під час виробництва темного плиткового шоколаду і ефективність і точність процесу може варіюватися залежно від методів виробництва. А питання автоматизації процесу темперування у темпер-камері є актуальним.

Під час дослідження визначено, що критичним для якості продукції є відхилення параметрів від заданих, що негативно позначиться на якості та зовнішньому вигляді шоколаду. Були підібрані технічні засоби автоматизації (датчики) що дозволять забезпечити дотримання регламенту технологічного процесу темперування темного шоколаду.

**Перспективи подальших досліджень**

Створення програмного забезпечення і підбір комп'ютерного обладнання для моніторингу та керування процесом автоматизованого керування процесом темперування в темпер-камері.

**Інформаційні джерела:**

1. Федік Л.Ю. Особливості організації виробництв харчової промисловості на сучасному етапі розвитку автоматизації // Global Challenges of contemporary issues: Collection of scientific articles. Lardy Publishing House, Paris, France, 2018. С. 64-67
2. Андреева С.М., Павлова М.Б. Стан ринку шоколаду в Україні. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/> (Дата звернення: 19.06.2023 р.)
3. Андреева С.М., Павлова М.Б. Стан ринку шоколаду в Україні. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/> (Дата звернення: 19.06.2023 р.)
4. Характеристика та аналіз технологічного процесу виробництва шоколаду. URL: [https://otherreferats.allbest.ru/cookery/00181918\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/cookery/00181918_0.html) (Дата звернення: 10.03.2023);
5. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/11-dstu-b-a.2.4-16-2008.pdf> (Дата звернення: 12.03.2023).