

UOT 3699–5

ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ MAŞINININ SOYUTMA SİSTEMİNİN HESABATI VƏ TƏRTİBİ

Ə.A.Əzizov, N.M.Rüstəmov, N.R.Hüseynova

Azərbaycan Texniki Universiteti

E-mail: ezizaga.ezizov@aztu.edu.az, nahidrustamv@mail.ru, nigar_aztul@mail.ru

Açar sözlər: kolloid üyütmə, soyuducu su, mübadilə səthi, qızdırıcı element, işçi həcm

Xülasə. Məqalədə desert növlü şokolad istehsalının son mərhələsi olan kolloid üyütmə (konşlama) əməliyyatını icra edən maşınının isitmə-soyutma sisteminin hesabati və tərtibi məsələsinə baxılmışdır. Hesabatın ilkin verilənləri xammalın payız mövsümündə istifadəsi və soyuducu suyun quyu suyu olduğu qəbul edilmişdir. Hesabatın alqoritmi isə köynəkli istilikdəyişdirici aparatların layihə hesabata bənzər şəkildə seçilmişdir. Hesabatın gedişində kolloid üyütmə maşınının texniki göstəriciləri (mübadilə səthinin sahəsi, orta temperatur fərqi, aparatın işçi həcmi) nəzərə alınmışdır. Hesabat nəticəsi olaraq istifadə olunacaq soyuducu suyun sərfiyyatı, veriş sürəti təyin edilmişdir. Təqdim olunan alqoritm kolloid üyütmə maşınında işçi temperaturun təyin edilməsi, emal prosesində sabit saxlanması və maşının riyazi modelinin tərtibində istifadə edilə bilər. Təqdim olunan temperatur diaqramı texnoloji prosesin mərhələlərini əks etdirir. Soyutma sisteminin tərtib olunmuş sxemi isə istehsalat şəraitində tətbiq oluna bilər.

Giriş. Şokoladın desert sortları vallaanmadan və mexaniki qarışdırmadan sonra son xüsusi emala kolloid üyütmə maşınlarında uğradılır. Bu məqsədlə üfqi emal maşını, turbinşəkilli maşın və şaquli silindrik maşınlardan geniş istifadə olunur.

Bu maşınlar üçün gövdə hissənin sabit temperaturda ($65^{\circ}C - 75^{\circ}C$) $48 \div 72$ saat kütlənin fasiləsiz emalı nəzərdə tutulur. Emal zamanı şokolad yağı kütlənin tərkibində bərabər paylanır, şəkər hissəcikləri vallaanmadan sonra nazik lövhə şəklində düşür və iti kənarları ilə kütlənin tərkibində qeyri-bərabər paylanır. Belə ki, bu prosesdə iti kənarlar kütləşir və ölçü etibarilə kiçilir. Eyni zamanda kakao tortasının iti uclarının dairəviləşməsi və yastılanması prosesi gedir. Çox sürətli qarışdırma zamanı şokolad kütləsi homogenləşdirilir, aşqar maddələr isə tədricən ərimiş və ya natamam ərimiş birləşmələrə çevrilir. Daha sonra şokolad kütləsi yumşalır və yapışqanlıq xassəsi yüksəlir. Uçucu turşular tamamilə uzaqlaşır, əsasən sirkə turşusu şokolada xoşagəlməz dad verir. Lakin kakao tortasının sonrakı emalı zamanı ətirli maddələrin diffuziyası nəticəsində bu turşu da uzaqlaşdırılır və şokolad özünə məxsus ətir keyfiyyətləri əldə edir. Burada şokolad kütləsinin tərkibində olan nəmlik 1,2%-dən 0,6%-ə qədər enir və birinci 1,5 sutka ərzində kütlənin axıcılığı yüksəlir, hissəciklərin ölçüsü kiçilir. Bu səmərəni əldə etmək üçün şokolad kütləsinin valli dəzgahlarda üyüdülməsindən sonra kolloid üyütmə maşınında bir qədər də kiçilməsi (20mkm-a qədər) baş verir. Qeyd etdiyimiz kimi bu emal üç sutka ərzində tamamlanır [1; 58-62].

Son zamanlar kolloid üyütmə maşınları şokolad kütləsinin emalı üçün bir neçə təkmilləşdirilmə mərhələlərindən keçir. Qurğunun istər qarışdırma-əritmə, istərsə də kakao hissəciklərinin daha kiçik ölçüyə salınması üçün bu maşınlarda konstruktiv yeniliklər aparılmışdır. Lakin maşınlarda yeni bir çatışmamazlıq meydana çıxmışdır. Bu kütlənin sürətlə qızması, əriməsi və temperatur rejimindən kənara çıxması baş verir. Bu məsələnin həlli üçün maşın üzərində seçilmiş ilkin verilənlərə görə onun soyutma sisteminin yaradılması və həmin soyutma sisteminin hesabati aparılmışdır.

Aparatın silindrik gövdəsi onun yarım silindrinə qədər əhatələnən su köynəyi ilə örtülmüşdür. Buraya verilən suyun miqdarı ayrılan istiliyin miqdarına mütənasib olmaqla yanaşı prosesin gedişi ilə tam uyğunlaşdırılmalıdır. Belə ki, prosesin əvvəlində kütlə isti su ilə qızdırılmalı və kütlənin əriməsinə kömək etməlidir. Sonra kütlə əriyib tam axıcılıq əldə etdikdən sonra soyutma mərhələsi başlanmalıdır və mexaniki emal zamanı ayrılan istilik soyuducu suyun verişi ilə temperaturu kənarlaşdırılmalıdır.

Adi şəraitdə bu asılılıq operator vasitəsilə icra oluna bilər. Şokolad drenajında qoyulan termometr kütlənin temperaturunu bildirməli, operator isə isti su xəttini bağlayıb soyuq su xəttini açmalıdır. Temperatur bölgüsü prosesin əvvəlində 40°C ilə başlanmalı, emal zamanı isə kütlə əridikdən sonra yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi 65°C – 70°C temperatur təmin olunmalıdır [2; 44-48].

Aparatın şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun istilik hesabına ayrılan istiliyin miqdarının hesablanması ilə başlayaq.

Şokolad kütləsinin əridikdən sonra kinematik özlülüyü $\nu=0,0383 P_a \cdot \text{san}$ olmalıdır. İstilik-vernənin əsas tənliyinə görə aqreqat halı dəyişən kütlə üçün istilik miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$Q' = G_2 c_2 (t_2'' - t_1'') - G_1 c_1 (t_2' - t_1') - Q_{it} \quad (1)$$

Burada, G_1, G_2 – uyğun olaraq şokolad kütləsinin ilkin və son miqdarı;

c_1, c_2 – şokolad kütləsinin başlanğıc və son temperaturu üçün xüsusi istilik tutumları;

t_1', t_1'' – suyun soyutmadan sonra və soyutmadan əvvəlki temperaturları;

t_2', t_2'' – şokolad kütləsinin temperaturunun yüksəlmə anındakı və sonrakı temperaturları;

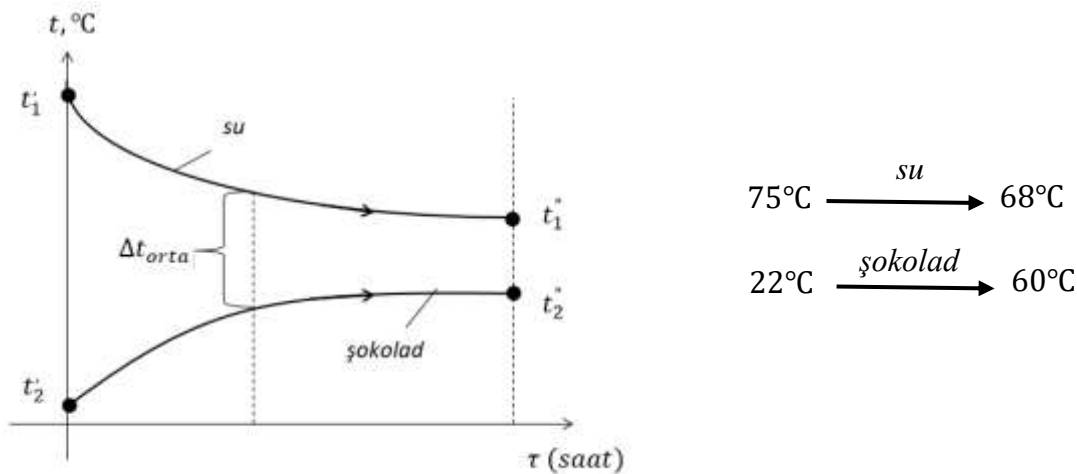
Q_{it} – ətraf mühitdə itən istiliyin miqdarıdır.

(1) ifadəsi şokolad kütləsini işçi temperatura qədər qızdırmaq üçün tələb olunan istiliyin miqdarını hesablamağa imkan verir. Burada suyun verilmə temperaturu $t_1' = 75^{\circ}\text{C}$, $t_1'' = 68^{\circ}\text{C}$, şokolad kütləsinin ilkin və son temperaturu $t_2' = 22^{\circ}\text{C}$, $t_2'' = 60^{\circ}\text{C}$, emal olunan kütlənin miqdarı $G_1 = G_2 = 100\text{kg}$, itən istiliyin miqdarı $Q_{it} = 0,1Q$ və kütlənin başlanğıc və son temperaturdakı xüsusi istilik tutumları $c_1 = 2,2\text{kc/kq}$, $c_2 = 1,6\text{kc/kq}$ qəbul edilə bilər. Beləliklə:

$$Q' = G_1 c_1 (t_1' - t_2') - G_2 c_2 (t_1'' - t_2'') = 100 \cdot 2,2(75^{\circ} - 22^{\circ}) - 100 \cdot 1,6(68^{\circ} - 60^{\circ}) = 4540\text{kC}$$

$$Q = Q' + 0,1Q' = 4540 + 0,1 \cdot 4540 = 4994\text{kC}$$

Prosesin düzaxınlı getməsinə nəzərə alıb, daxil olan suyun (şəkil 1) göstərilən diaqramı üzrə gedəcəyini qəbul edək [3; 51-54].



Şəkil 1. Düzaxınlı istilik mübadilə diaqramı

Bu prosesdə orta temperatur fərqi:

$$\Delta_{tor} = \frac{\Delta_{tb} - \Delta_{tk}}{\ln\left(\frac{\Delta_{tb}}{\Delta_{tk}}\right)} = \frac{\Delta_{tb} - \Delta_{tk}}{2,3 \lg\left(\frac{\Delta_{tb}}{\Delta_{tk}}\right)} = \frac{53 - 8}{2,3 \lg \frac{53}{8}} = 10,3^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Burada, $\Delta_{t_b} = 75^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C} = 53^{\circ}\text{C}$; $\Delta_{t_k} = 68^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C} = 8^{\circ}\text{C}$ olacaqdır.

Bu hesabatda verdiyimiz ətraf mühətdə itən istiliyin təqribi miqdarı, dəqiq hesabatla prosesin mübadilə səthinə görə aparılmalıdır. Bu məqsədlə aparatın silindrik gövdəsinin mübadilə səthinə F kimi işarə edib, kütlənin qızması üçün sərf olunan istilik miqdarına görə dəqiqləşdirək.

$$Q = k \cdot F \cdot (t_2'' - t_2') \quad (3)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2' - t_2)}$$

Burada, k – istilikkeçirmə əmsəlidir.

Növbəti mərhələdə, kütlənin emal olduğu gövdənin xarici səthindən daxili səthinə doğru yönəlmiş istilik selinin istilikvermə əmsəlini α və ona uyğun istilikkeçirmə əmsəlini k Nüsselt kriterisinə görə, hesablayırıq:

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{d_\varepsilon} \quad (4)$$

Burada, Nüsselt kriterisini xarici divar üçün aşağıdakı ifadədən təyin edirik:

$$Nu = 0,35 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left(Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} \quad (5)$$

Burada, Pe – Pekle ədədidir, Ra – Rele ədədidir ($Ra = (7 \div 40) \cdot 10^5$), $Pe = Re \cdot Pr$, d – boru gövdənin orta diametri $d = 0,41m$, l – gövdənin uzunluğu ($l = 0,78m$), Pr – Prandtl kriterisi, Re – Reynolds kriterisi, α_2 – maşının divarından şokolad kütləsinə keçən istilik selinin istilikvermə əmsəlidir. Bu kəmiyyəti Nüsselt kriterisinin aşağıdakı ifadəsinə görə hesablamaq mümkündür.

$$Nu^d \cong 0,8 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,4} \cdot Ra \left(\frac{\mu_{st}}{\mu} \right)^{-0,14} \quad (6)$$

Bu tənlikdə, $Re < 3000$; $Pe \frac{d}{l} < 120$; $Ra = (1 \div 13) \cdot 10^6$; $2 < Pr < 10$ qəbul edilir.

$$Pe = Re \cdot Pr = 2300 \cdot 7 = 16100$$

Beləliklə məlum kəmiyyətləri nəzərə alaraq kütlənin özlülüyü adi temperaturda $\mu_{st} = -0,0278 Pa \cdot san$ temperatur 50°C - dən yuxarı olduqda $\mu = 406 \cdot 10^{-6} Pa \cdot san$ qəbul olunur.

Daha sonra Nüsselt kriterisini (5) və (6) ifadələrinə görə daxili və xarici səthlər üzrə ayrı ayrılıqda hesablayırıq:

$$Nu^x = 0,35 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left(Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} = 0,35 \left(16100 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,3} \cdot \left(6 \cdot 10 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,18} = 75,5$$

$$Nu^d \cong 0,8 \left(16100 \cdot \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,4} \cdot \left(6 \cdot 10 \frac{0,0278}{0,4 \cdot 10^3} \right)^{-0,14} = 12,8$$

İndi isə α_k –nın daxili və xarici səthə görə (4) ifadəsindən təyin edək:

$$\alpha_k^x = \frac{75,5 \cdot 65,9}{70,7} = 70,4 \text{ Vt} / \text{m} \text{ K}$$

$$\alpha_k^d = \frac{12,8 \cdot 65,9}{70,7} = 12 \text{ Vt} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Burada, $\lambda = 65,9 \frac{\text{Vt}}{\text{m} \cdot \text{kq}}$ qəbul edilir.

Beləliklə, istilikkeçirmə əmsalı:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^x} + \frac{\alpha}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2^d}} = \frac{1}{\frac{1}{70,4} + \frac{0,009}{65,9} + \frac{1}{12}} = 1,4 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2} \quad (7)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2' - t_2)} = \frac{4994}{1,4(60 - 22)} = 93,9 \text{ m}^2$$

Şokolad kütləsinin əridilməsi prosesindən sonra növbəti mərhələ, şokolad kütləsinin sürtünmədən qızması temperaturunun aşağı salınması mərhələsini nəzərdən keçirək. Bu mərhələ onunla xarakterikdir ki, burada temperatur 60°C -ni keçməmək şərtilə sabit saxlanılmalı və kütlə intensiv yoğrulmaya və kolloid üyüdülməyə məruz qalmalıdır [4, 5;115-118, 6;84-86]. Burada temperaturun təqribən $5-6^\circ\text{C}$ artması, artıq arzuolunmaz hal hesab olunur və şokoladın yanması təhlükəsi yaranır.

Tipik maşınlarda təşkil olunan soyutma sistemi, əslində izləyici rele vasitəsilə soyuducu suyun tərsinə dövr etdirilməsinə komanda verir, yəni soyuducu su quyu suyu ilə əvəz edilir. Şokolad kütləsi isə burada sabit 60°C temperaturu saxlayır (şəkil 2).

Kolloid üyütmə maşınında kütləni soyutmaq üçün kənarlaşdırılacaq istilik miqdarı:

$$Q_1' = G_2 c_2 t_2 - G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1) = 100 \cdot 2,8 \cdot 60^\circ\text{C} - 100 \cdot 4,18(55^\circ - 28^\circ) = 10596$$

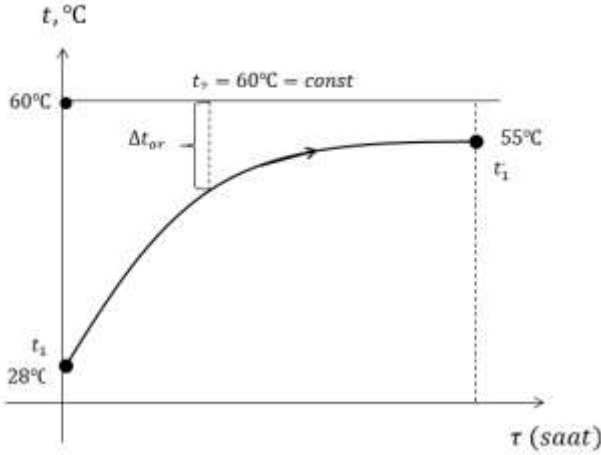
$$Q = Q_1' - Q_{it} = Q_1' (1 - 0,1) = 0,9 \cdot Q_1' = 0,9 \cdot 10596 = 9536,4 \text{ kC}$$

Burada, $t_1 = 28^\circ\text{C}$, $t_1' = 55^\circ\text{C}$ olmalıdır.

Orta temperaturu müəyyən edirik:

$$\Delta_{t_b} = 60^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}; \Delta_{t_k} = 60^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{or} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_k}{\ln \left(\frac{\Delta t_b}{\Delta t_k} \right)} = \frac{32 - 5}{\ln \frac{32}{5}} = 14,59^\circ\text{C}$$



60°C $\xrightarrow{\text{şokolad}}$ sabit
28°C $\xrightarrow{\text{su}}$ 55°C

Şəkil 2. Şokolad kütləsinin soyudulması diaqramı

Əslində maşının mübadilə səthinin sahəsi:

$$F = \pi D \cdot H + \frac{\pi D^2}{4} = 3,14 \cdot 0,41 \cdot 0,72 + \frac{3,14 \cdot 0,41^2}{4} = 1,06 \text{ m}^2$$

Sərf olunan soyuducu suyun miqdarı:

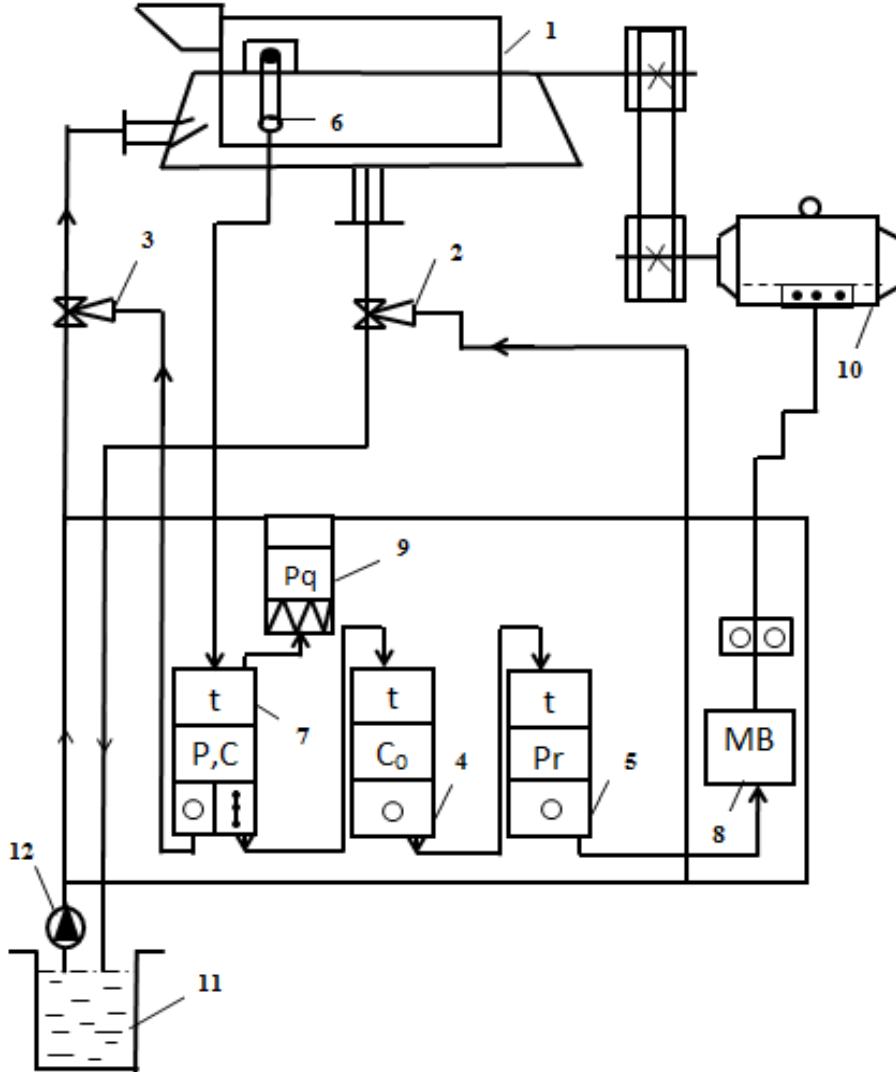
$$W = \frac{Q}{C(t_k - t_n)} = \frac{9536,4}{2,2(55 - 28)} = 160,5 \frac{\text{kq}}{\text{saat}} = 128,4 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$$

Bu məhsuldarlığın təmini üçün buradan soyuducu suyun sərfi 100kq məhsul üçün $128,4 : 100 = 1,284 \frac{\text{m}^3}{\text{kq}} = 1284 \frac{\text{l}}{\text{kq}}$ alınar. Suyun daxil olması və xaric olması üçün borunun diamet-rini hesablayaq:

$$d = \sqrt{\frac{W_{soy}}{3600 \pi \rho_0 v_0}} = \sqrt{\frac{1,284}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 3}} = 0,0068 \text{ m} \approx 70 \text{ mm}$$

Burada, v_0 mayenin kolloid üyütmə maşınına daxil olma anında xətti sürətidir. Bu kəmiyyət hesabatlarda $v_0 = 2,5 - 3,5 \frac{\text{m}}{\text{san}}$ qəbul edilir. İndi isə $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{san}}$ qəbul etməklə həmin diametri tapaq. Giriş və çıxış borularının diamet-rini bir-birinə bərabər qəbul edək, $d_1 = d_2 = 70 \text{ mm}$. Bu borunun xarici diametri 78 mm-dir. Suyun dövr etdirilməsi üçün yüksək təzyiqli nasos qurğusu qəbul edək. Bu nasosun məhsuldarlığı $19,8 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$ -dir. Kolloid üyütmə maşınında soyutma sisteminin

fasiləsiz və etibarlı işini təşkil etmək üçün bu sistemin avtomatik idarə olunma sxemini tərtib edək (şəkil 3). Bu sxemə görə maşının giriş və çıxış boruları idarə olunan “PRP-2” temperatur tənzimləyicisi ilə təmin olunmuşdur.



Şəkil 3. Kolloid üyütmə maşınında temperaturun sabit saxlanması sxemi

1 – kolloid üyütmə gövdəsi, 2 – suyun çıxış klapanı, 3 – suyun giriş klapanı, 4 – temperaturun artmasının modelləşdirilməsi, 5 – temperaturu sabit saxlayan blok, 6 – temperatur vericisi, 7 – temperaturu qeyd edən cihaz, 8 – maqnit buraxıcısı, 9 – program daşıyıcısı, 10 – elektrik mühərriki, 11 – su quyusu, 12 – hidronasos

Qəza halında temperatur göstəriciləri (4 və 5) avtomatik olaraq maqnit buraxıcısını işdən ayırır, dayandırır. Digər hallarda kütlənin sabit temperaturu 60°C gözlənilir və temperatur aşağı düşdükdə tənzimləyici klaplarla (2 və 3) suyun girişini və yaxud çıxışını nizamlayır. Kolloid üyütmə maşınının (1) simmetriya oxunun üzərində termoverici (6) qoyulmuşdur. Yerli cihazlardan fərqli olaraq idarəedici cihazlar pultda yerləşdirilmişdir.

Nəticə.

1. Kolloid üyütmə maşınının isitmə-soyutma sisteminin hesabı və onun kütləni qızdırma və soyutma rejimlərində tələb olunan enerjinin verilməsi və alınması üçün alqoritm tərtib olunmuşdur.

2. Quyu suyu istifadə etməklə maşının temperatur rejiminin avtomatik idarə olunma sxemi tərtib edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Рензьева Т.В., Назимова Г.И., Марков А.С. Технология кондитерских изделий. Санкт-Петербург, Лань, 2022, 156 с.
2. Гребенюк С.М. (под ред). Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств. М., Агропромиздат, 1987, 304 с.
3. Скобельская З.Г., Горячева Г.Н. Технология производства сахарных кондитерских изделий: учебное пособие. Санкт-Петербург, Лань, 2018, 428 с.
4. Rüstəmov N.M., Hüseynova N.R. Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun optimal temperatur rejiminin təmini üçün layihələndirilməsi. Tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi konfransının məqalələri, 816-819 s., 4-5 may 2022.
5. Əzizov Ə.A. Yeyinti istehsalı maşın və avtomatlarının layihələndirilməsi. Bakı, 2014, 286 s.
6. Лунин О.Г., Вельтышев В.Н. Теплообменные аппараты в пищевой промышленности. М., 1986, 226 с.

CALCULATION AND COMPOSITION OF THE COOLING SYSTEM
OF THE CHOCOLATE MASS CONCHING MACHINE

A.A.Azizov, N.M.Rustamov, N.R.Huseynova
Azerbaijan Technical University

Abstract. The article discusses the calculation and design of the heating-cooling system of a machine that performs the polishing (conching) operation, which is the last stage in the production of dessert chocolate. The initial calculation data was that the raw materials were used in the autumn season, and the cooling water was from a well. The calculation algorithm was chosen similarly to the calculation for the design of jacketed heat exchangers. The calculation took into account the technical parameters of the polishing machine (heat exchange surface area, average temperature difference, working volume of the device). As a result of the calculation, the consumption of the used cooling water and the rate of heat transfer are determined. The presented algorithm can be used to determine the operating temperature in the conching machine, maintain its stable temperature during processing, and to create a mathematical model of the machine. The presented temperature diagram reflects the stages of the technological process. The developed scheme of the cooling system can be used in production conditions.

Keywords: conching, cooling water, heat exchange surface, temperature diagram, working volume.

РАСЧЕТ И СОСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ
ДЛЯ КОНШИРОВАНИЯ ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ

A.A.Əzizov, N.M.Rustamov, N.R.Guseynova
Azərbaycan Texniki Universiteti

Резюме. В статье рассмотрены расчет и конструкция системы нагревания-охлаждения машины, выполняющей операцию полировки (конширования), которая является последней стадией производства десертного шоколада. Исходные данные расчета заключались в том, что сырье использовалось в осенний сезон, а охлаждающая вода была колодезной. Алгоритм расчета был выбран аналогично расчету по проекту теплообменников с рубашкой. В ходе расчета учитывались технические показатели полировальной машины (площадь теплообменной поверхности, средний перепад температуры, рабочий объем устройства). В результате расчета определяются расход используемой охлаждающей воды и скорость переноса тепла. Представленный алгоритм может быть использован для определения рабочей температуры в машине для конширования, поддержания ее стабильной температуры в процессе обработки и для создания математическую модель машины. Представленная температурная диаграмма отражает стадии технологического процесса. Разработанная схема системы охлаждения может применяться в производственных условиях.

Ключевые слова: конширование, охлаждающая вода, поверхность теплообмена, температурная диаграмма, рабочий объем.

Daxil olub: 02.11.2022