



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет мехатроніки та інжинірингу**

**Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і  
харчових виробництв**

**РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
МОЛОКА ТА МОЛОКОПРОДУКТІВ**

**Методичні вказівки  
для виконання практичної роботи з дисципліни «Техніка харчових  
виробництв малого та середнього бізнесу»**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»**

**Харків  
ДБТУ  
2024**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв

**РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
МОЛОКА ТА МОЛОКОПРОДУКТІВ**

Методичні вказівки  
для виконання практичної роботи з дисципліни «Техніка харчових  
виробництв малого та середнього бізнесу»

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Затверджено  
рішенням Науково-методичної комісії  
факультету мехатроніки та інжинірингу  
Протокол № 5 від 30 квітня 2024 р.

Харків  
ДБТУ  
2024

УДК 637.1.02(072)  
Р70

Схвалено  
на засіданні кафедри обладнання та інжинірингу  
переробних і харчових виробництв  
Протокол № 7 від 20 грудня 2023 р.

Рецензенти:

**В.О. Потапов**, професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування Державного біотехнологічного університету, д-р техн. наук, професор;

**А.Л. Фоцан**, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету, д-р техн. наук, доцент

**Р70** Розрахунок обладнання для механічної обробки молока та молокопродуктів [Електронне видання] : методичні вказівки для виконання практичної роботи з дисципліни «Техніка харчових виробництв малого та середнього бізнесу» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» / уклад.: В.М. Михайлов, С.В. Прасол., А.О. Шевченко. – Електрон. дані. – Х. : ДБТУ, 2024. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

Методичні вказівки «Розрахунок обладнання для механічної обробки молока та молокопродуктів» відповідають робочій програмі навчальної дисципліни «Техніка харчових виробництв малого та середнього бізнесу», призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Методичні вказівки розраховані для використання в навчальному процесі ДБТУ, а також в інших закладах вищої освіти за умов адаптації під конкретний навчальний план. Матеріал може бути корисним для широкого кола фахівців, які займаються питаннями механічної обробки молока та молокопродуктів.

УДК 637.1.02(072)

**Відповідальний за випуск: О.В. Богомолів**, завідувач кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, д-р техн. наук, професор

© Михайлов В.М., Прасол С.В.,  
Шевченко А.О., 2024  
© ДБТУ, 2024

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

### **Обладнання для транспортування та зберігання молока.**

Транспортні цистерни з молоком (вершками), що надійшли на молочний завод, розвантажуються в місткості збереження. У них молоко (вершки) накопичується і зберігається весь період (приблизно протягом доби без помітної зміни якості), що передує переробці.

Під час розрахунку цистерн та місткостей збереження потрібно визначити ємність і пропускну здатність, температуру молока на початку та в кінці транспортування, ефективність перемішування і потужність мішалки під час перемішування.

У розрахунках ємність  $V$  (у  $\text{м}^3$ ) цистерн і місткостей збереження визначається за спрощеною формулою:

$$V = (\pi D_{\text{вн}}^2 / 4) \cdot l, \quad (1.1)$$

де  $D_{\text{вн}}$  – внутрішній діаметр, м;

$l$  – середня внутрішня довжина в горизонтальних місткостях (висота у вертикальних), м.

Для горизонтальних місткостей, що мають глибину опуклості днищ  $h$ , внутрішня довжина  $l$  (м) приймається рівною:

$$l = l_{\text{ц}} + h, \quad (1.2)$$

де  $l_{\text{ц}}$  – довжина циліндричної частини місткості, м.

Для вертикальних місткостей з увігнутим днищем загальну висоту приймають рівною висоті циліндричної частини.

Пропускна здатність цистерн і місткостей збереження залежить від тривалості технологічного циклу  $\tau_{\text{ц}}$ , що становиться з тривалості резервування або доставки  $\tau_{\text{рез}}$ , тривалості наповнення  $\tau_{\text{нап}}$  і тривалості спорожнювання  $\tau_{\text{сп}}$ :

$$\tau_{ц} = \tau_{рез} + \tau_{нан} + \tau_{сн}. \quad (1.3)$$

Виходячи з технологічного циклу і тривалості зміни  $\tau_{зм}$ , визначається пропускна здатність  $M$  цистерн і місткостей збереження:

$$M = V\tau_{см} / \tau_{ц} = V\tau_{зм} / (\tau_{рез} + \tau_{нан} + \tau_{сн}), \quad (1.4)$$

де  $\tau_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Якщо необхідно встановити кілька місткостей збереження молока (блок), то загальну ємність блока визначають для кожної години роботи з різниці між кількістю продукту, що надходить за весь період роботи та витраченою за цей період. Блок повинен бути за можливістю невеликим, але достатнім для забезпечення виробничого процесу.

У баланс часу технологічного процесу експлуатації цистерни та місткості збереження молока входить тривалість їхнього заповнення і спорожнювання. Під час завантаження та розвантаження за допомогою насоса тривалість цих етапів технологічного процесу залежить від продуктивності насоса. Якщо ж заповнення відбувається за допомогою вакуумної системи або пневматичного пристрою, а спорожнювання самопливом, то розрахунок тривалості завантаження і розвантаження цистерни або місткості збереження повинен бути виконаний з урахуванням прийнятої системи.

В основі розрахунків лежить відома в гідравліці формула швидкості витікання  $v$  (м/с):

$$v = \mu\sqrt{2gH_{см}}, \quad (1.5)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати, що залежить від в'язкості рідини, яка витікає (для молока  $\mu = 0,7 - 0,75$ );

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$H_{см}$  – висота стовпа (продукту) від зливального пристрою до рівня рідини в місткості, м.

Під час спорожнювання місткості значення  $H_{см}$  і  $V$  зменшуються.

Тривалість спорожнювання місткості  $\tau_{cn}$  (с) визначають за формулами:

– вертикальної

$$\tau_{cn} = 2F\sqrt{H} / (\mu \cdot f \sqrt{2g}); \quad (1.6)$$

– горизонтальної

$$\tau_{cn} = 2V / (\mu \cdot f \sqrt{2gH_{max}}), \quad (1.7)$$

де  $f$  – площа поперечного перерізу зливної патрубку, м<sup>2</sup>;

$H_{max}$  – найбільша висота рівня рідини, м.

Під час спорожнювання самопливом місткості автомобільних цистерн, горизонтальних місткостей збереження тривалість розраховують за формулами

$$\tau_{cn} = [8 \cdot lr / (3 \cdot \mu \cdot f)] \sqrt{r/g}; \quad (1.8)$$

$$\tau_{cn} = 1,7V / (l \cdot v_{max}), \quad (1.9)$$

де  $l$  – довжина цистерни (місткості для збереження), м;

$r$  – внутрішній радіус, м;

$v_{max}$  – найбільша швидкість витікання, м/с.

Під час заповнення за допомогою вакуумної системи або витиснення рідини під тиском стисненого повітря швидкість наповнення (вакуумного) або спорожнювання (пневматичного) визначають за формулою

$$v = \sqrt{2g[H + P / (\rho g)]}, \quad (1.10)$$

де  $P$  – перепад тиску, Па;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Виходячи з рівняння нерозривності, кількість рідини, що надходить у місткість під час завантаження та витікає під час розвантаження за 1 с, буде дорівнювати

$$V = fv = (\pi d^2 / 4) v. \quad (1.11)$$

Зміну температури продукту під час доставки та зберігання визначають за формулою:

$$G_m \cdot c (t_2 - t_1) = k \cdot F \Delta t, \quad (1.12)$$

де  $G_m$  – кількість продукту, кг;

$c$  – питома теплоємність продукту, Дж/(кг·К);

$t_2$  – кінцева температура продукту, °С;

$t_1$  – початкова температура продукту, °С;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт (м<sup>2</sup>·К);

$\Delta t$  – середня різниця температур, °С;

$z$  – тривалість знаходження продукту в резервуарі, с.

Здебільшого середню різницю температур  $\Delta t$  визначають як середньоарифметичну, оскільки зазвичай  $t_2 - t_1 = 1 \dots 3^\circ \text{C}$ . За цих умов кінцеву температуру готового продукту  $t_2$  визначають за формулою:

$$t_2 = \frac{2kFz(t_c - t_1) + 2G_m \cdot c \cdot t_1}{2G_m \cdot c + kFz}, \quad (1.13)$$

де  $t_c$  – температура навколишнього середовища, °С.

Значення теплоємності  $c$  молока в інтервалі температур від 0 до 15° С знаходяться в межах 3852...3885 Дж/(кг·К).

Крім того, кількість теплоти, що сприймається продуктом, можна знайти з рівняння теплопередачі

$$Q = kF\Delta t\tau, \quad (1.14)$$

де  $k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К) (у цистернах  $k = 4 \dots 7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а в місткостях збереження  $k = 1 \dots 1,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·К));

$F$  – поверхня резервуара, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – середня різниця між температурами продукту та навколишнього середовища;

$\tau$  – тривалість збереження або транспортування молока, с.

Наведений розрахунок слугує підставою для визначення інтенсивності нагрівання (охолодження) у місткостях різної ємності, а саме

$$t_{num} = (t_n - t_k) / (V\tau). \quad (1.15)$$

Показник ефективності перемішування визначається таким способом. Якщо середню концентрацію компонента, однорідність якого досягається перемішуванням, наприклад жиру в молоці, позначити через  $C_0$ , то практично в різних точках концентрація буде  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ . В окремих точках місткості відхилення концентрації від середньої становить  $(C_1 - C_0), (C_2 - C_0), \dots, (C_n - C_0)$ .

Якщо скласти абсолютні величини цих відхилень і розділити на загальну кількість вимірів, то вийде середнє відхилення  $C_{сер}$ , що виражають у відсотках від  $C_0$ :

$$\beta = (\Delta C_{сер} / C_0) \cdot 100\%, \quad (1.16)$$

де  $\beta$  (коефіцієнт розподілу компонента) буде характеризувати розподіл компонента в об'ємі місткості, що перемішується. Чим менше  $\beta$ , тим ефективніше перемішування. Під час ідеального перемішування  $\beta = 0$ . Ефективність перемішування залежить від частоти обертання мішалки.

Щоб забезпечити ретельне перемішування продукту, частота обертання мішалки повинна бути досить великою. Проте вибирають таку частоту обертання, за якої якісні зміни продукту мінімальні й у той же час досягається його необхідна однорідність. Частота обертання мішалок пропелерного типу зазвичай приймається рівною 100...140.

Під час перемішування мішалками пропелерного типу об'єм  $V_c^0$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) рідини, що проходить через пропелер, визначають за формулою

$$V_c^0 = V_e m / (\tau \cdot 60), \quad (1.17)$$

де  $V_e$  – об'єм рідини в місткості,  $\text{м}^3$ ,

$m$  – кратність пропущення рідини через пропелер.

При цьому осьова швидкість  $v_0$ , ( $\text{м}/\text{с}$ ) перемішування рідини

$$v_0 = V_c^0 / F_0, \quad (1.18)$$

де  $F_0$  – площа перетину пропелера, через яку проходить потік рідини в осьовому напрямку,  $\text{м}^2$ ;



$$F_0 = n(1 - 0,25D_n^2)/4, \quad (1.19)$$

де  $D_n$  – діаметр пропелера, м.

З огляду на особливості молока та рідких молочних продуктів підвищення частоти обертання мішалки обмежують. Неприпустиме досягнення кавітаційних швидкостей, що викликають розривний плин рідини, яка перемішується.

В умовах перемішування за допомогою пневматичного пристрою тиск  $p$  (Па) стисненого повітря повинен бути достатнім для створення напору та подолання опору

$$p = \rho g H \eta, \quad (1.20)$$

де  $\rho$  – густина маси, що перемішується, кг/м<sup>3</sup>;

$H$  – висота шару рідини м;

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує втрати напору ( $\eta = 1,2 \dots 2,0$ ).

Загальна витрата стисненого повітря  $G_6$ , (м<sup>3</sup>/год) розраховується за формулою

$$G_6 = 60 g_6 F, \quad (1.21)$$

де  $F$  – відкрита поверхня місткості, м<sup>2</sup>;

$g_6$  – питома витрата стисненого повітря, хв/м<sup>2</sup> (змінюється від 0,4 до 1,0).

Під час вибору пристрою, що перемішує, ураховують технологічні вимоги: він повинен забезпечувати рівномірне, швидке перемішування продукту, що знеможлиблює роздроблення часток жирової фракції.

Під час перемішування продукту в місткостях збереження потужність, споживану мішалками пропелерного типу,  $N$  (кВт) розраховують за формулою

$$N = 0,01 A d^{4,36} n^{2,78} \rho^{0,78} \mu, \quad (1.22)$$

де  $A$  – коефіцієнт, рівний 1,5...2,0;

$d$  – діаметр мішалки, м;

$n$  – частота обертання мішалки, хв<sup>-1</sup>;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с.

Якщо ж під час перемішування використовується пневматичний пристрій, то потужність розраховують за формулою

$$N = G_e (H + h_0) \rho g / (102 \cdot 10^2 \eta), \quad (1.23)$$

де  $(H + h_0)$  – напір, м;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії ( $\eta = 0,7 - 0,9$ ).

У пусковий період потужність мішалки пропелерного типу вища на 15...20%. Під час підбору електродвигуна потужність його береться із запасом на 50% більше розрахункової.

Основними техніко-економічними та технологічними показниками цистерн і місткостей збереження є співвідношення

$$F/V; m/V, \quad (1.24)$$

де  $F$  – поверхня, м<sup>2</sup>;

$V$  – ємність, м<sup>3</sup>;

$m$  – маса, кг.

За співвідношеннями можна зробити висновок про можливі зміни температури продукту і витрати металу на одиницю об'єму. Чим менша питома поверхня ( $F/V$ ), тим менша зміна температури продукту і витрата металу на виготовлення обладнання.

**Основи розрахунку сепараторів.** Сепарування, або поділ рідин, здійснюється під дією відцентрової сили, яка виникає в результаті обертання барабана сепаратора. Швидкість переміщення часток  $v_{cm}$  у процесі сепарування підпорядковується закону Стокса, який можна виразити таким чином

$$v_{cm} = \frac{2}{9} \pi^2 \cdot n^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu}, \quad (1.25)$$

де  $v_{cm}$  – швидкість часток, м/с;

$n$  – частота обертання барабана сепаратора, с<sup>-1</sup>;

$R$  – поточний радіус, де знаходиться жирова кулька, що розглядається, м;

$d$  – діаметр жирової кульки, м;

$\rho_1, \rho_2$  – густина плазми молока та жирової кульки, відповідно, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – в'язкість плазми молока, Па·с.

Швидкість спливання жирових кульок необхідно порівнювати зі швидкістю руху рідини в міжтарілковому просторі. Середню швидкість потоку  $v_n$  у міжтарілковому просторі визначають за формулою

$$v_n = \frac{M}{2\pi R_m h z}, \quad (1.26)$$

де  $v_n$  – швидкість потоку рідини, м/с;

$M$  – продуктивність сепаратора, м<sup>3</sup>/с;

$R_m$  – радіус перерізу тарілки, де визначають швидкість потоку, м;

$h$  – відстань між тарілками за нормаллю, м;

$z$  – кількість тарілок.

Рух жирових кульок у міжтарілковому просторі відбувається у дві стадії: на першій жирові кульки проходять крізь товщу плазми, на другій – просуваються по верхній поверхні тарілок до центру барабана.

Продуктивність сепаратора визначають для першої та другої стадії руху.

Для першої стадії руху продуктивність визначають за формулами

$$M = \frac{4,59 \beta \cdot z \cdot n^2 (\rho_1 - \rho_2) (R_0^3 - R_m^3) d^2 \operatorname{tg} \alpha}{10^6 \mu}, \quad (1.27)$$

де  $M$  – продуктивність сепаратора, м<sup>3</sup>/с;

$\beta$  – коефіцієнт корисної дії ( $\beta = 0,5 \dots 0,7$ );

$\alpha$  – кут нахилу утворюючої тарілки ( $\alpha = 45 \dots 46^\circ$ );

$R_0$  – максимальний радіус конічної частини тарілок, м;

$R_m$  – радіус тарілок до центру молочних отворів, м

або

$$M = 4,8\beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_0^3 - R_m^3) d_1^2 \cdot t, \quad (1.28)$$

де  $M$  – продуктивність сепаратора, л/год;

$R_0$  – максимальний радіус конічної частини тарілок, см;

$R_m$  – радіус тарілок до центру молочних отворів, см;

$d$  – діаметр жирової кульки, см;

$\rho_1, \rho_2$  – відповідно густина плазми молока та жирової кульки, г/см<sup>3</sup>;

$\mu$  – в'язкість плазми, г/см·с;

$t$  – температура сепарування, °С.

Для температури сепарування встановлено залежність

$$t = \frac{\rho_1 - \rho_2}{0,29\mu}, \quad (1.29)$$

де  $\rho, \mu$  виражено, відповідно, у кг/м<sup>3</sup> та Па·с.

Для другої стадії руху жирових кульок продуктивність сепаратора можна визначити за формулою

$$M = 5,55n^2 \cdot d^2 \cdot R_0^2 \cdot h^2 \cdot z \cdot \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{10^6 \mu}. \quad (1.30)$$

За формулами (1.27) та (1.30) визначаються розрахункові граничні діаметри жирових кульок. Для першої стадії руху під розрахунковим граничним діаметром жирової кульки слід розуміти мінімальний розмір жирової кульки, який за умови подавання молока в міжтарілковий простір знаходиться в найгірших умовах, але може досягти зовнішньої поверхні тарілки, що знаходиться нижче.

Для першої стадії руху розрахунковий граничний діаметр жирової кульки  $d_1$  визначають за формулою

$$d_1 = \sqrt{\frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{4,598\beta \cdot z \cdot n^2 (\rho_1 - \rho_2) (R_0^3 - R_m^3) \operatorname{tg} \alpha}}. \quad (1.31)$$

Для другої стадії руху під розрахунковим граничним діаметром жирової кульки розуміють розмір такої кульки, яка за певних умов

сепарування може здійснювати рух по поверхні тарілки.

Для другої стадії руху розрахунковий граничний діаметр жирової кульки  $d_2$  визначають за формулою

$$d_2 = \frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{5,55n^2 \cdot R_0^2 \cdot h^2 \cdot z(\rho_1 - \rho_2) \cos \alpha} \cdot \quad (1.32)$$

Виходячи з рівності  $d_1 = d_2$ , визначають оптимальну відстань між тарілками сепаратора  $h_{opt}$  (м)

$$h_{opt} = \sqrt[4]{\frac{0,1493 \cdot 10^6 \cdot \beta \cdot \mu \cdot M (R_0^3 - R_M^3) \sin \alpha}{n^2 \cdot R_0^4 \cdot z(\rho_1 - \rho_2) \cos^3 \alpha}} \cdot \quad (1.33)$$

Для характеристики роботи сепараторів, особливо для порівняння їх за поділяючою спроможністю, користуються поділяючим фактором  $F$

$$F = \frac{z(R_0^2 - R_M^2) \pi \cdot H \cdot \omega^2}{4,6M \cdot \lg \frac{R_0}{R_M}}, \quad (1.34)$$

де  $H$  – висота тарілки, м;

$\omega$  – кутова швидкість обертання барабана, рад/с.

Для порівняльної оцінки сепараторів М.М. Ліпатовим запропоновано критеріальний комплекс

$$S = \frac{v^2 \cdot \vartheta}{g \cdot m}, \quad (1.35)$$

де  $v$  – окружна швидкість обертання барабана, м/с;

$\vartheta$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості рідини, м<sup>2</sup>/с;

$m$  – кількість рідини, що протікає в одному міжтарілковому просторі, м<sup>3</sup>/с.

Із формул (1.25)–(1.32) можна зробити висновок про якість знежирювання молока на сепараторах.

Якість поділу молока визначається розмірами жирових кульок, які переходять у знежирене молоко. Чим менші жирові кульки, що залишилися в знежиреному молоці, тим кращий поділ.

Розрахункові граничні розміри жирових кульок залежать від робочих швидкостей обертання барабана, відстані між тарілками, продуктивності сепаратора, температури молока, розмірів та кількості тарілок. Зі зменшенням продуктивності зменшується розрахунковий граничний діаметр жирової кульки та поліпшується знежирювання молока.

Якість знежирення молока значною мірою підвищується за умови збільшення робочих швидкостей обертання барабана, а також розмірів тарілок та їх кількості. Значно поліпшується сепарування з підвищенням температури, що зумовлено зменшенням в'язкості молока.

Для сепаратора кожного типу існують оптимальні відстані між тарілками. Зі збільшенням або зменшенням їх погіршується знежирення.

Продуктивність сепаратора пов'язана з розрахунковим граничним розміром жирової кульки. За умови зменшення або збільшення останнього відповідно зменшується або збільшується продуктивність сепаратора.

Ефективність роботи сепаратора характеризується вмістом жиру в знежиреному молоці. За вмістом жиру в знежиреному молоці можна оцінювати ефективність сепарування молока однієї партії та за однакових технологічних режимів. Для порівнювання ефективності роботи сепараторів за поділом молока різних партій визначають так званий індекс сепарування  $I_c$

$$I_c = \frac{f_o}{f_n}, \quad (1.36)$$

де  $f_o$  – вміст жиру в знежиреному молоці, що отримується під час сепарування незбираного молока;

$f_n$  – вміст жиру в знежиреному молоці, що отримується за повторного сепарування.

Чим менший індекс сепарування, тим краще знежирення молока.

За роботи будь-якого сепаратора якість знежиреного молока змінюється в часі. Цикл роботи сепаратора можна поділити на три періоди: перший – пуск сепаратора, наповнення барабана молоком (несталий режим),

другий – робочий період (сталий режим), третій – грязьовий простір сепаратора забивається слизом, унаслідок чого якість знежирення різко погіршується.

За умови експлуатації сепараторів із ручним вивантаженням осаду цикл його безупинної роботи необхідно обмежувати тільки двома періодами. Залежно від якості молока тривалість першого та другого періодів, тобто тривалість безупинної роботи сепаратора, може бути різною. Чим чистіше молоко, тим менше з нього виділяється сепараторного слизу, тим триваліше може працювати сепаратор безупинно, і навпаки.

Початок третього періоду слід установлювати в кожному конкретному випадку експериментально. Для цього відбирають проби знежиреного молока через кожні 3...5 хв роботи сепаратора. Про початок третього періоду свідчить різке підвищення вмісту жиру в знежиреному молоці.

Під час сепарування молока часто треба регулювати вміст жиру у вершках. Для цього відкриті сепаратори оснащують регулювальними гвинтами, що встановлюються на виході вершків або знежиреного молока. Цими гвинтами можна збільшувати та зменшувати кількість продуктів сепарування. За збільшення кількості вершків, що виходять, жирність їх знижується. Коли встановити регулювальний гвинт на виході знежиреного молока зі збільшенням або зменшенням його кількості відповідно збільшується або зменшується вміст жиру у вершках. У напівгерметичних та герметичних сепараторах жирність вершків регулюють спеціальними кранами, установленими на виході вершків та знежиреного молока.

Взаємозв'язок між кількістю вершків та їх жирністю за сепарування молока характеризується рівнянням

$$MЖ_m = BЖ_в + ЗЖ_з, \quad (1.37)$$

де  $M$  – кількість просепарованого молока, кг;

$B$  – кількість отриманих вершків, кг;

$Z$  – кількість знежиреного молока, кг;

$J_6$  – жирність вершків, %;

$J_m, J_3$  – вміст жиру в незбираному та знежиреному молоці, %.

У загальному вигляді матеріальний баланс сепарування можна подати рівнянням

$$M = B + Z + Cл + Bm_m, \quad (1.38)$$

де  $Cл$  – кількість сепараторного слизу, що залишився на стінках барабана та між тарілками, кг ( $Cл = 0,2 \dots 0,15\%$  від маси просепарованого молока);

$Bm_m$  – втрати незбираного молока, вершків та знежиреного молока ( $Bm_m = 0,05 \dots 0,1\%$  від маси просепарованого молока).

Втрати незбираного молока, вершків та знежиреного молока складаються з втрат молока під час подавання його до сепаратора та відведення продуктів сепарування. До втрат належить також кількість вершків та знежиреного молока, що залишилися в барабані сепаратора. Під час складання матеріального балансу сепарування кількість сепараторного слизу та втрати незбираного молока, вершків, знежиреного молока не враховують.

Втрати жиру під час сепарування визначають за формулою

$$Bm_{жс} = \frac{ZJ_3}{MJ_m}. \quad (1.39)$$

Потужність, що використовується сепараторами, приблизно можна розраховувати за формулою

$$N = KH_6 n^3 R^4, \quad (1.40)$$

де  $N$  – потужність, кВт;

$H_6$  – висота барабана, м;

$n$  – частота обертання барабана,  $c^{-1}$ ;

$R$  – максимальний зовнішній радіус барабана, м.

Тривалість безупинної або безперервної роботи сепаратора визначається тривалістю сталого режиму сепарування. У загальному вигляді



тривалість безперервної роботи сепаратора можна визначити за формулою О.П. Новікова

$$\tau = k_1 \frac{100V}{M(a - k_2)}, \quad (1.41)$$

де  $\tau$  – тривалість роботи сепаратора, год;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує корисну ємність грязьового простору барабана, заповнення якого не порушує ефективності процесу сепарування;

$k_2$  – коефіцієнт, що додається під час розрахунку часу безперервної роботи сепаратора за поділу гетерогенної системи на фракції, одна (або декілька) з яких виводить із собою певну кількість змулених часток у молоці, що утворюють осад, % (під час сепарування молока об'ємна концентрація змулених часток у молоці, що утворюють осад, дорівнює кількості сепараторного слизу, вираженій у відсотках).

Тривалість безперервної роботи самовивантажувальних сепараторів із пульсуючим вивантаженням осаду фактично означає періодичність вивантаження осаду, тобто тривалість роботи сепаратора між двома вивантаженнями осаду.

Під час вибору параметрів періодичності циклу вивантаження сепараторів необхідно враховувати кількість механічних домішок у молоці та кількість утвореного сепараторного слизу, яка повинна бути мінімальною.

**Основи розрахунку гомогенізаторів.** Ефективність гомогенізації залежить від гідравлічних умов у зоні клапанної щілини. Ці умови в основному визначаються тиском гомогенізації, від якого залежить швидкість руху рідини в щілині та висота клапанної щілини (вона визначає гідравлічний радіус потоку).

У клапанній щілині, що радіально розходить (рис. 1.1), швидкість потоку  $v_1$  має найбільше значення на початку щілини на радіусі  $r$ . У міру

розширення потоку до виходу швидкість зменшується до величини  $v_2$ . На підставі рівняння нерозривності швидкостей на радіусі  $R$  становить

$$v_2 = v_1 \frac{r}{R}. \quad (1.42)$$

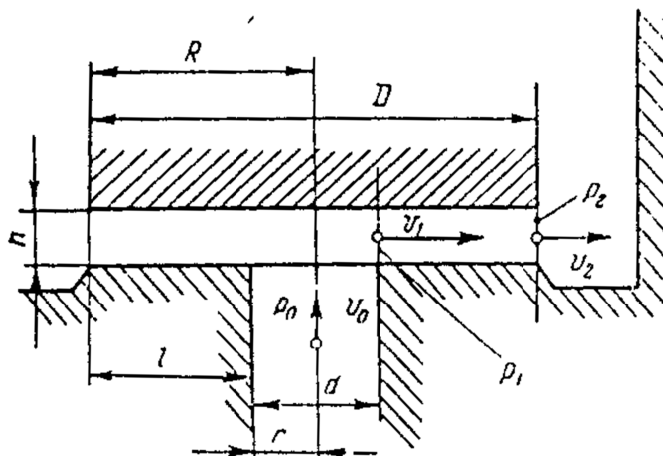


Рисунок 1.1 – Основні параметри клапана та потоку рідини й клапанної щілини:  $D$  - зовнішній діаметр клапана;  $d$  - внутрішній діаметр;  $R$  - зовнішній радіус клапана;  $r$  - внутрішній радіус;  $h$  - висота щілини;  $l$  - довжина щілини;  $p_0$  – тиск перед клапаном;  $p_1$  – тиск на початку щілини;  $p_2$  – тиск у кінці щілини (протитиск);  $v_0$  – швидкість потоку перед клапаном;  $v_1$  – швидкість потоку на початку щілини;  $v_2$  – швидкість потоку, що виходить

Найбільша теоретична швидкість залежить від тиску гомогенізації та може бути розрахована за формулою Торрічеллі

$$v_1 = \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma}}, \quad (1.43)$$

де  $\Delta p = p_0 - p_2$  – тиск гомогенізації, тобто перепад тиску перед клапаном та після нього,  $\text{Н/м}^2$ ;

$\gamma$  – об’ємна вага рідини,  $\text{Н/м}^3$ .

Дійсна швидкість витікання  $v_1$  менша за теоретичну, причому величина відхилення залежить від в’язкості рідини та висоти клапанної щілини. Висота клапанної щілини  $h$  під час роботи гомогенізатора нестабільна та змінюється в широких межах залежно від витрати рідини

через клапан, розмірів клапана, тиску гомогенізації та в'язкості рідини. Її можна визначити за формулою

$$h = \frac{V}{\pi \cdot d \cdot \mu \cdot \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma}}} = \frac{m}{\mu \cdot \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma}}}, \quad (1.44)$$

де  $V$  – витрата рідини через клапан (продуктивність гомогенізатора), м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коефіцієнт витрати під час витікання через клапан;

$d$  – внутрішній діаметр клапанної щілини, м;

$\gamma$  – об'ємна вага рідини, Н/м<sup>3</sup>;

$m$  – питома витрата на одиницю довжини окружності клапанної щілини, м<sup>3</sup>/(с·м).

Коефіцієнт витікання не є постійною величиною та залежить від висоти клапанної щілини та в'язкості рідини. За тиску від 3 до 40 МН/м<sup>2</sup> під час гомогенізації молока коефіцієнт витікання коливається від 0,96 до 0,80.

Не дивлячись на зміну швидкості під клапаном та висоти клапанної щілини за умови зміни тиску гомогенізації, число  $Re$  для потоку рідини не залежить від тиску гомогенізації та під час роботи з цим продуктом залишається постійним за будь-яких режимів:

$$Re = \frac{v_1 \cdot 2 \cdot h}{\vartheta} = \frac{2 \cdot V}{\pi \cdot d \cdot \vartheta} = \frac{2 \cdot m}{\vartheta}, \quad (1.45)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр клапанної щілини, м;

$\vartheta$  – кінематична в'язкість рідини, м<sup>2</sup>/с.

Відповідно, число  $Re$  для потоку в клапанній щілині залежить від продуктивності машини, розмірів клапана та в'язкості рідини. Зазвичай під час роботи гомогенізаторів число  $Re = 25000 \dots 35000$ .

Тиск у клапанній щілині залежить у першу чергу від тиску гомогенізації. Різка падіння тиску в головці відбувається на вході в клапанну щілину, причому основна частина енергії тиску (до 80...90%) витрачається на надання рідині кінетичної енергії, а остання – на подолання

опору під клапаном. Відносно незначна величина тиску на початку щілини зумовлена тим, що більша частина опору тертя долається в результаті зменшення швидкісного напору під час падіння швидкості потоку, що розширюється, від  $v_1$  до  $v_2$ .

Об'ємну продуктивність гомогенізатора розраховують за формулою

$$V = 60 \cdot F \cdot S \cdot n \cdot \eta_{об.} \cdot Z, \quad (1.46)$$

де  $V$  – об'ємна продуктивність, м<sup>3</sup>/год;

$Z$  – кількість плунжерів, од.

$F$  – площа перетину плунжера, м<sup>2</sup>;

$S$  – хід плунжера, м;

$n$  – число обертів колінчатого вала (1200 об/хв);

$\eta$  – об'ємний коефіцієнт корисної дії (0,7...0,9).

Потужність, що потребує гомогенізатор, визначається за формулою:

$$N = \frac{V \cdot p}{3600 \cdot \eta_{мех}}, \quad (1.47)$$

де  $N$  – потужність, що потребує гомогенізатор, Вт;

$p$  – тиск гомогенізації, Па (Н/м<sup>2</sup>);

$\eta_{мех.}$  – механічний коефіцієнт корисної дії (0,65...0,75).

Розрахунок середнього діаметра жирової кульки після гомогенізації здійснюється за формулою

$$d_{сер} = \frac{12}{\sqrt{p}}, \quad (1.48)$$

де  $d_{сер}$  – середній діаметр жирової кульки, м;

$p$  – тиск гомогенізації, Па.

Розрахунок підвищення температури продукту після гомогенізації проводиться за формулою:

$$\Delta t = \frac{N \cdot \eta}{V \cdot \rho \cdot c}, \quad (1.49)$$

де  $\Delta t$  – підвищення температури продукту, °С;

$N$  – потужність, що потребує гомогенізатор, кВт;

$\rho$  – густина продукту, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – теплоємність продукту, кДж/(кг К);

$\eta$  – механічний коефіцієнт корисної дії (0,7...0,8).

Температура продукту після гомогенізації розраховується за формулою

$$t_{zom} = t_{noch} + \Delta t, \quad (1.50)$$

де  $t_{zom}$  – температура гомогенізації, °С;

$t_{noch}$  – температура продукту до гомогенізації, °С.

**Обладнання для розливання.** Тривалість наповнення пляшки залежить від умов закінчення молока з мірного стакану. Тривалість закінчення  $z$  (с) із мірних стаканів, виконаних у вигляді вертикальних циліндрів, можна визначити за формулою

$$z = \frac{V}{\mu f \sqrt{0,5gH}}, \quad (1.51)$$

де  $V$  – ємність мірного стакану, м<sup>3</sup>;

$f$  – площа перетину отворів у розливній головці, м<sup>2</sup>;

$H$  – рівень рідини в мірному стакані, м.

Тривалість закінчення  $z$  мірних стаканів  $z$  (с), виконаних у вигляді горизонтальних циліндрів, визначають за формулою

$$z = \frac{V}{\mu f \sqrt{1,38gr}}, \quad (1.52)$$

де  $r$  – радіус мірного стакану, м.

Рівень молока в резервуарах автоматів для розливання, що працюють за принципом «розливання за рівнем», під час наповнення пляшки залишається постійним, тому в разі розливання за рівнем за атмосферного і надмірного

тиску, а також за умови вакууму для розрахунку тривалості  $z$  (с) використовують вираз

$$z = \frac{V}{\mu f \sqrt{2gH}}, \quad (1.53)$$

де  $V$  – ємність пляшки, м<sup>3</sup>;

$H$  – висота стовпа рідини в резервуарі, м;

$\mu$  – коефіцієнт закінчення ( $\mu=0,6\dots0,8$ ).

Тривалість знаходження пляшки під розливною головкою  $T$  повинна бути більше тривалості наповнення пляшки, тобто повинна бути дотримана умова

$$T > z. \quad (1.54)$$

Тривалість знаходження пляшки під розливною головкою визначають за формулою

$$T = \frac{60\varphi}{n}, \quad (1.55)$$

де  $\varphi$  – відношення тривалості знаходження пляшки під розливною головкою до тривалості повного оберту каруселі;

$n$  – частота обертання каруселі, об/хв.

Виходячи з умови  $T > z$  на основі формул (1.52)–(1.55), можна одержати допустиму частоту обертання каруселі

$$n = \frac{60\varphi \cdot \mu \cdot f \sqrt{2gH}}{V}. \quad (1.56)$$

Продуктивність розливних і закупорювальних автоматів залежить від частоти обертання каруселі

$$M = 60nz, \quad (1.57)$$

де  $z$  – число розливних головок.

Продуктивність розливних і закупорювальних машин:

$$M = \frac{3600\varphi\mu f z \sqrt{2gH}}{V}. \quad (1.58)$$

**Основи розрахунку автоматів для дозування та пакування згущених продуктів.** Машини для дозування згущеного молока працюють із примусовою подачею продукту в банку, тому під час їхньої роботи необхідно дотримувати умову  $t_n \leq t_{\delta}$ , тобто тривалість робочого ходу поршня повинна бути менша за тривалість знаходження банки під дозувальним патроном або рівною йому. Цю умову можна виразити таким чином:

$$\frac{l}{v_n} \leq \frac{\varphi\pi D}{v_{cm}} \leq \frac{\varphi}{n}, \quad (1.59)$$

де  $l$  – довжина ходу поршня, м;

$v_n$  – швидкість руху поршня, м/с;

$\varphi$  – відношення тривалості знаходження банки під дозувальним патроном до тривалості знаходження банки на дозувальному столі машини;

$D$  – діаметр дозувального стола машини по колу, що проходить через центр дозувальних патронів, м;

$v_{cm}$  – окружна швидкість руху дозувального стола, м/с;

$n$  – частота обертання дозувального стола,  $s^{-1}$ .

Співвідношення швидкостей можна охарактеризувати таким чином:

$$\frac{l}{t_n} \leq \frac{\varphi\gamma D}{t_n}, \quad (1.60)$$

де  $t_n$  – тривалість руху поршня за один хід, с;

$t_{\delta}$  – тривалість знаходження банки під дозувальним патроном, с.

Продуктивність карусельних автоматів для дозування згущеного молока та загортання банок, а також автоматів для дозування та пакування сиру і плавленого сиру визначають

$$\left. \begin{aligned} M &= 60zn, \text{ од} / \text{год} \\ M_m &= 60zq \cdot n, \text{ кг} / \text{год} \\ M_0 &= 60zVn, \text{ л} / \text{год} \end{aligned} \right\}, \quad (1.61)$$

де  $z$  – кількість дозувальних патронів, дозувань;

$n$  – частота обертання дозувального стола, об/хв;

$q$  – маса однієї порції дозованого продукту, л.

Взаємозв'язок між частотою обертання банки та рівнем наповнення її продуктом для консервувальних машин визначається зі співвідношення

$$n \leq 60 \frac{\sqrt{H}}{R}, \quad (1.62)$$

де  $H$  – відстань від верхньої кромки банки до рівня рідини (за умови нерухомої банки) або висота недоливу, м;

$R$  – радіус банки, м.

Коефіцієнт наповнення банки  $K_{н.б.}$  визначається зі співвідношення

$$K_{н.б.} = \frac{V_n}{V_б} = \frac{\pi R^2 H}{\pi R^2 H_б} = \frac{H}{H_б}, \quad (1.63)$$

де  $V_n$  – об'єм наповненої частини банки, см<sup>3</sup>;

$V_б$  – об'єм повної банки, см<sup>3</sup>;

$H_б$  – повна висота банки, см.

Продуктивність лінійних автоматів із безперервним рухом тари визначається за формулами:

$$\left. \begin{aligned} M &= 3600z \frac{v}{a}, \text{ од} / \text{год}; \\ M_m &= 3600zq \frac{v}{a}, \text{ кг} / \text{год}; \\ M_0 &= 3600zv \frac{v}{a}, \text{ л} / \text{год}, \end{aligned} \right\} \quad (1.64)$$

де  $v$  – швидкість руху транспортера, м/с;

$a$  – відстань між місткостями, що заповнюються, м.

Якщо тара здійснює циклічний рух, то продуктивність автомата можна визначити за формулами:



$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{3600}{T_n} z, \quad \text{од / год}; \\ M_m &= \frac{3600}{T_n} zq, \quad \text{кг / год}; \\ M_o &= \frac{3600}{T_n} zV, \quad \text{л / год}, \end{aligned} \right\} \quad (1.65)$$

де  $T_n$  – тривалість вистоювання (заповнення) тари, с.

## 2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Вивчити теоретичні положення.

Для закріплення матеріалу розв'язати задачі та відповіді на контрольні запитання.

**Задача 1.** Визначити необхідну ємність цистерни для збереження молока для горизонтальної місткості, що має опуклість днища  $h = 0,6$  м, якщо внутрішня довжина циліндричної частини  $l_{ц} = 1,2$  м, а внутрішній діаметр цистерни  $D_{вн} = 4$  м.

**Задача 2.** Визначити пропускну здатність місткості для збереження вершків, якщо тривалість резервування  $\tau_{рез.} = 6$  год, тривалість наповнення  $\tau_{нап} = 1,2$  год, а тривалість спорожнювання  $\tau_{сн.} = 0,4$  год, якщо ємність місткості  $V = 60$  м<sup>3</sup>, тривалість зміни  $\tau_{зм} = 8$  год.

**Задача 3.** Визначити швидкість і тривалість спорожнювання горизонтальної місткості, якщо висота стовпа від зливального пристрою  $H_{ст} = 4,2$  м, внутрішній діаметр  $D_{вн} = 2,6$  м, довжина горизонтальної місткості  $L = 0,8$  м, площа поперечного перерізу зливального патрубку становить  $f = 0,36$  м<sup>2</sup>.

**Задача 4.** Визначити потужність мішалки пропелерного типу, якщо діаметр мішалки  $d = 1,2$  м, частота обертання  $n = 100$  хв<sup>-1</sup> для перемішування молока густиною  $\rho = 1029$  кг/м<sup>3</sup> та в'язкістю  $1,82 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

**Задача 5.** Визначити кінцеву температуру молока, що транспортується протягом  $z = 3$  годин, у цистерні, ємністю  $V = 5 \text{ м}^3$ . Поверхня цистерни  $F = 18 \text{ м}^2$ . Початкова температура молока  $t_n = 7^\circ \text{ С}$ , температура повітря  $t_e = 25^\circ \text{ С}$ , коефіцієнт теплопередачі  $K = 1,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ , густина молока  $1030 \text{ кг/м}^3$ .

**Задача 6.** Визначити тривалість наповнення пляшок у розливному автоматі. Розливання здійснюється за об'ємом. Ємність пляшки  $V = 1,0 \text{ л}$ , діаметр отвору для виходу рідини з патрона  $d = 3,5 \text{ мм}$ , висота стовпа рідини  $H = 400 \text{ м}$ .

**Задача 7.** Визначити швидкість спливання жирової кульки та середню швидкість потоку в міжтарілковому просторі сепаратора для максимального й мінімального радіуса тарілок. Температура сепарації  $t_c = 39^\circ \text{ С}$ , діаметр жирової кульки  $d_k = 3,5 \text{ мкм}$ , великий  $R_6 = 100 \text{ мм}$  і малий  $R_m = 40 \text{ мм}$  радіуси тарілок. Відстань між тарілками  $b = 0,7 \text{ мм}$ , кількість тарілок  $z = 60 \text{ шт}$ , продуктивність сепаратора  $M = 2,0 \text{ м}^3/\text{год}$ , частота обертання барабана  $n = 100 \text{ с}^{-1}$ .

**Задача 8.** Установити допустиму частоту обертання банки під час загорання, якщо відстань до верхнього краю рівня рідини  $b = 6 \text{ мм}$ . Діаметр банки  $D = 71 \text{ мм}$ , її висота  $H = 98 \text{ мм}$ . Визначити співвідношення об'єму незаповненої банки до повного її об'єму.

**Задача 9.** Визначити продуктивність сепаратора-вершковідділювача, подільний фактор та фактор опору молока розділенню, час перебування молока в міжтарілковому просторі, мінімальний розмір жирової кульки, що виділяється сепаратором, за такими даними:

Показник	Умовні позначення	Величина	Значення
Частота обертання барабана	$n$	$\text{хв}^{-1}$	6500
Кількість тарілок	$Z$	шт	116
Кут нахилу утворюючої тарілки	$\alpha, ^\circ$		55
Мінімальний радіус тарілки	$R_{min}$	см	6

Максимальний радіус тарілки	$R_{max}$	см	14,3
Відстань між тарілками	$\delta$		0,5
Температура сепарування	$t_c$	°C	35
Технологічний ККД	$\beta$		0,4
Діаметр розрахункової жирової кульки	$d$	м	$1,4 \cdot 10^{-6}$
Діаметр барабана сепаратора	$D$	см	84
Висота барабана сепаратора	$H$	см	66

**Задача 10.** Провести технологічний розрахунок гомогенізатора, визначивши об'ємну продуктивність гомогенізатора  $V$ ; потрібну потужність  $N$ ; середній діаметр гомогенізованої жирової кульки  $d_{сер.}$ ; температуру продукту після гомогенізації  $t_{гом.}$  за такими даними:

Показник	Умовні позначення	Величина	Значення
Діаметр плунжера	$D$	мм	35
Хід плунжера	$S$	мм	340
Число плунжерів	$Z$	шт	4
Тиск	$P$	МПа	17
Температура продукту	$t_{поч}$	°C	60
Вид продукту	–	–	МОЛОКО

### 3. ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт роботи повинен містити:

- мету роботи;
- загальні відомості (стисло);
- розв'язок задач;
- висновки за роботою.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які параметри визначають під час розрахунку цистерн та місткостей збереження?
2. На які стадії розподіляють рух жирових кульок у міжтарілковому просторі сепаратора?

3. Як визначають продуктивність сепаратора для першої та другої стадії руху?

4. Чим визначається якість поділу молока та ефективність роботи сепаратора?

5. Від чого залежить ефективність гомогенізації?

6. Як визначається потужність гомогенізатора?

7. Як визначається продуктивність розливних та закупорювальних автоматів і машин?

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Єресько Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворощук. К. : ІНК ОС : Центр навч. літ-ри, 2007. 344 с.

2. Технологічне обладнання малих харчових та переробних виробництв : навч. посібник. У 3 ч. Ч. 2. Технологічне обладнання малих молокопереробних виробництв / О. І. Черевко [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2012. 135 с.

3. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В. Г. Мірончук [та ін.]. Вінниця : Нова книга, 2007. 648 с.

4. Машкін М. І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М. І. Машкін, Н. М. Париш. К. : Вища освіта, 2006. 351 с.

5. Ніконенко В. М. Обладнання та технологія молочного виробництва / В. М. Ніконенко. К.: Урожай, 1995. 296 с.

6. Технологія переробки молока: навчальний посібник / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, О. О. Грінченко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2006. 378 с.

Навчальне електронне видання комбінованого використання  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

## РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА ТА МОЛОКОПРОДУКТІВ

Методичні вказівки  
для виконання практичної роботи з дисципліни «Техніка харчових  
виробництв малого та середнього бізнесу»

Укладачі:

**МИХАЙЛОВ** Валерій Михайлович  
**ПРАСОЛ** Світлана Володимирівна  
**ШЕВЧЕНКО** Андрій Олександрович

---

Підп. до друку 30.04.2024 р. Один електронний оптичний диск (CD-ROM);  
супровідна документація. Об'єм даних 1,6 Мб. Тираж 10 прим.

---

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44