

ПАСТЕРИЗАТОР ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ ПО КАНАЛАХ НАГРІВАННЯ І ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКА

В. О. МІРОШНИК, кандидат технічних наук, доцент
Т. І. ЛЕНДЄЛ, кандидат технічних наук, старший викладач
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*
E-mail: taraslendel@rambler.ru

Анотація. Створена структурна схема пастеризатора молока і на основі її дослідження розроблені способи керування температурою і параметричні схеми секцій: рекуперації, пастеризації і охолодження пластинчастого пастеризатора молока. Розроблена математична модель пастеризатора, яка складається із системи диференціальних рівнянь, що описують динаміку процесу теплообміну у секціях. За допомогою моделі у середовищі MathCad виконані розрахунки коефіцієнтів передатної функції об'єкту каналом регулювання температури у секціях. Під час створення математичної моделі пастеризатора прийнято, що втрати тепла з поверхні об'єкта в навколишнє середовище незначні і складають 5% в порівнянні з тепловими потоками, які переходять від теплоносія до продукту. Статичні характеристики секцій пастеризатора отримано завдяки утвореній системі балансових рівнянь для теплових потоків камер окремих секцій. В результаті проведення експериментальних і теоретичних досліджень отримана динамічна характеристика секції пастеризації каналом «витрати гарячої води – температура пастеризованого молока». Зазначена модель дозволить розробити алгоритми керування температурним режимом для збільшення продуктивності пастеризатора.

Ключові слова: *математична модель, пластинчастий пастеризатор, передатна функція, температурний режим*

Актуальність. Пастеризація – основна операція за оброблення молока на фермах перед відправкою на молокопереробні заводи. Практикою і науковими дослідженнями встановлено, що короткочасне нагрівання молока до температури 71 – 76 °С призводить до знищення патогенних і зменшення кількості термофільних бактерій і дозволяє за подальшого охолодження молока довгий час зберігати продукт без зміни його якості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для пастеризації молока в безперервному потоці, в основному, використовують пластинчасто-охолоджувальні пастеризаційні пристрої [1, 2]. Автоматичні системи керування такими пристроями повинні забезпечувати підтри-

мання заданих режимів нагрівання і охолодження молока, часу його витримки за постійної температури, а також перешкоджати виходу недогрітого продукту із пристрою. Основними функціями системи керування тут є контроль, реєстрація і регулювання температур нагрівання і охолодження молока, стабілізація його витрат, автоматичне керування поверненням недогрітого продукту, запуском, зупинкою і циркуляційною мийкою пристрою після використання.

Мета дослідження – створити математичну модель керування температурним режимом у пастеризаторі за каналами керування температури молока для регулювання коливання температури пастеризації і охолодження.

Матеріали і методи дослідження. Для вибору найбільш раціональної системи керування пастеризаційним пристроєм проведено дослідження його параметричних властивостей (рис. 1), де вивчено вхідні і вихідні параметри, збурюючі дії секцій нагрівання і охолодження пастеризатора. Для спрощення розрахунків об'єднано дві секції рекуперації в одну і дві секції охолодження – в одну.

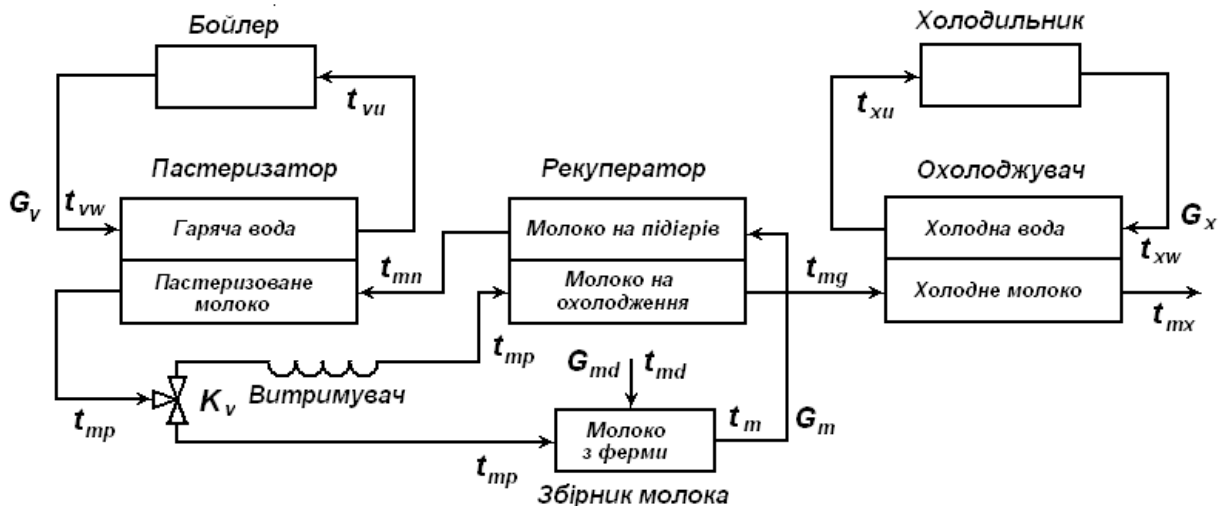


Рис. 1. Структурна схема пастеризатора молока:

$t_m, t_{mn}, t_{mg}, t_{mx}, t_{mp}$ – температура на вході в рекуператор, підігрітого на виході рекуператора, охолодженого після рекуператора, холодного і пастеризованого молока; t_{xw}, t_{xu} – температура холодної води на вході і виході охолоджувача; t_{vw}, t_{vu} – температура гарячої води на виході і вході в бойлер, t_{md} – температура молока з ферми, °С; V_{md}, V_m, V_v, V_x – об'ємні витрати молока з ферми і холодного на рекуператор, витрати гарячої води і води в охолоджувачі, м³/с, G_{md}, G_m, G_v, G_x – масові витрати молока, кг/с, r_m, r_v – середня густина молока і води, кг/м³; C_m, C_v – теплоємність молока і води, Дж/(кг °С); F_p, F_n, F_x – поверхні теплообміну в пастеризаторі, в рекуператорі і в охолоджувачі, м²; V_{vp}, V_{mp} – об'єми води і молока в пастеризаторі, V_{n1}, V_{n2} – холодного і гарячого молока в рекуператорі, V_{vx}, V_{mx} – холодної води і молока в охолоджувачі, м³.

Визначимо коефіцієнти теплопередачі k_p, k_n, k_x – між теплоносіями в рекуператорі, пастеризаторі і охолоджувачі, Вт/(м²·°C).

Регулюючий параметр (коефіцієнт рециркуляції) позначимо як K_v .

Основними причинами, що викликають коливання температури пастеризації t_{mp} молока, є непостійність витрат молока на вході G_{md} , зміни температури молока, що надходить з ферми t_{md} , зміни витрат гарячої води з бойлера t_{vw} , зміна коефіцієнтів теплопередачі k_p, k_n, k_x внаслідок забруднення поверхні теплопередачі секцій пастеризаторам коагульованим білком молока. Через конструктивні особливості пастеризатора прийнято наступне: $V_{vp} = V_{mp}, V_{n1} = V_{n2}, V_{vx} = V_{mx}$.

Для стабілізації температури пастеризованого молока t_{mp} в якості керуючої дії приймають витрати енергоресурсів на підігрів гарячої води, що приводить до зміни температури води на виході з бойлера t_{vw} і витрати гарячої води G_v .

На процес рекуперації молока, підігрів холодного молока гарячим, з одночасним охолодженням пастеризованого молока, і стабілізації температури молока на виході рекуператора t_{mn} , яке переходить в пастеризатор. Керуючими діями може бути коефіцієнт рециркуляції молока K_v , а збуреннями – температура молока з ферми t_{md} і витрати молока на пастеризацію G_{md} .

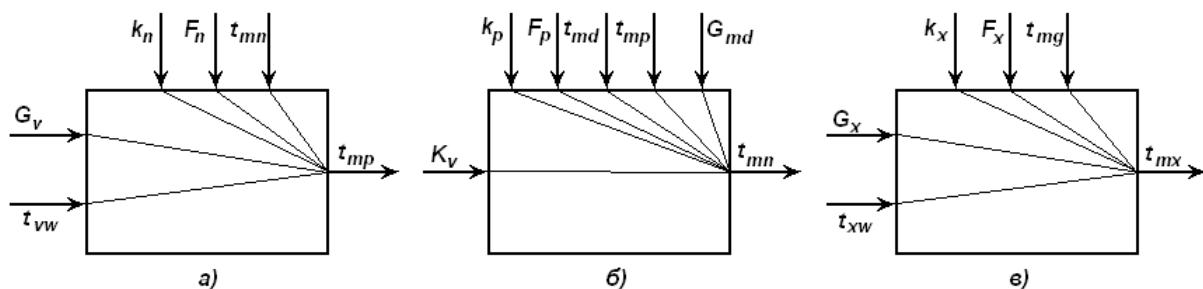


Рис. 2. Параметрична схема секцій пастеризатора молока: а) об'єкт керування пастеризатором; б) об'єкт керування рекуператором; в) об'єкт керування охолоджувачем

Основним джерелом коливань температури молока на виході охолоджувача t_{mx} є зміна температури холодної води t_{xw} і її витрат G_x , на що може впливати тиск холодоагенту в холодильнику для води, витрати молока, що надходить на охолодження. В якості керуючої дії в контурі стабілізації температури холодного молока можна взяти витрати холодної води на охолодження молока G_x .

Інформаційно-параметричні схеми секцій пастеризатора як об'єкти керування за пастеризатором, – рекуператором і охолоджувачем представлені на рис. 2, де зліва показаний керуючий параметр, зверху – вхідні параметри і дії збурень, а з правого боку – параметри керування.

Результати дослідження та їх обговорення. За створення математичної моделі пастеризатора приймемо допущення, що втрати тепла з поверхні об'єкта в навколишнє середовище незначні і складають 5% в порівнянні з тепловими потоками, які переходять від теплоносія до

продукту. Статичні характеристики секцій пастеризатора можна отримати склавши системи балансових рівнянь для теплових потоків камер окремих секцій, які представлені на рис. 3.

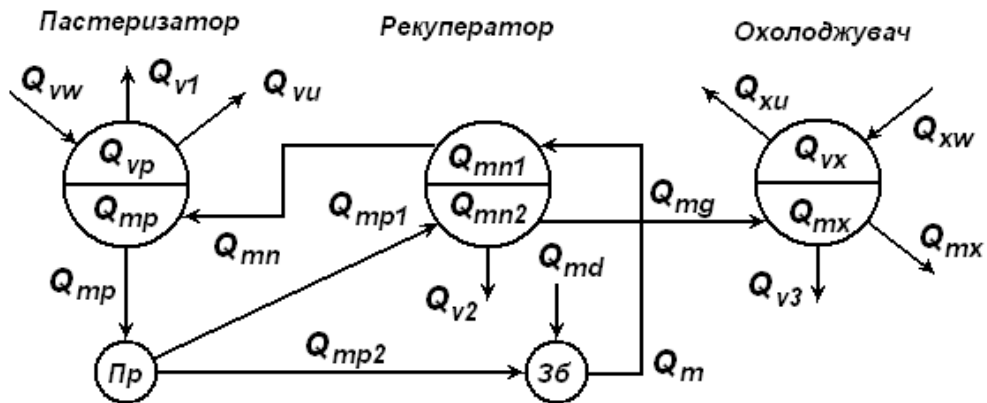


Рис. 3. Схема теплових потоків в пастеризаторі

В схемі вказані теплові потоки (Вт): Q_{vw} і Q_{vu} – гарячої води на вході і виході секції пастеризації, Q_{xw} і Q_{xu} – холодної води на вході і виході секції охолодження молока, Q_{v1} , Q_{v2} і Q_{v3} – втрат тепла за секціями пастеризації, рекуперації і охолодження, які рівні відповідно: $0,05Q_{p1}$, $0,05Q_{p2}$ і $0,05Q_{p3}$ – потоків тепла, які передаються через стінку теплообмінників від теплоносія до продукту в кожній із секцій, Q_{mp} , Q_{mp1} і Q_{mp2} – потоків тепла пастеризованого молока загального, на секцію рекуперації і на рециркуляцію для підігріву холодного молока з ферми. Q_{md} , Q_m , Q_{mn} , Q_{mg} , Q_{mx} – потоки тепла з молоком на вході збірника, після збірника, підігрітого в рекуператорі, охолодженого в ньому і охолодженого в охолоджувачі молока. Також враховується кількість теплоти (Q_{vp} , Q_{mpa} , Q_{mn2} , Q_{mn1} , Q_{mx} , Q_{vx}) гарячої води, пастеризованого молока, гарячого і підігрітого молока в рекуператорі, охолодженого молока і холодної води, Дж.

Молоко, що йде на рециркуляцію залежить від коефіцієнта рециркуляції K_v .

Виходячи зі схеми, складено статичні балансові рівняння теплових потоків для теплоносія і продукту для секцій:

- пастеризації:

$$Q_{vw} - Q_{p1} - Q_{vu} - 0,05Q_{p1} = 0, \quad Q_{mn} + Q_{p1} - Q_{mp} = 0; \quad (1)$$

- рекуперації:

$$Q_{mp1} - Q_{p2} - Q_{mg} - 0,05Q_{p2} = 0, \quad Q_m + Q_{p2} - Q_{mn} = 0; \quad (2)$$

- охолодження:

$$Q_{mg} - Q_{p3} - Q_{mx} - 0,05Q_{p3} = 0, \quad Q_{xw} + Q_{p3} - Q_{xu} = 0. \quad (3)$$

Баланс тепла в перемикачі рециркуляції (Пр) визначається з урахуванням коефіцієнту рециркуляції K_v .

$$Q_{mp} - Q_{mp1} - Q_{mp2} = 0 \quad \text{де} \quad Q_{mp2} = K_v Q_{mp}, \quad Q_{mp1} = (1 - K_v) Q_{mp}, \quad (4)$$

а баланс тепла в збірнику молока (Зб) складе:

$$Q_{mp2} + Q_{md} - Q_m = 0.$$

Значення окремих потоків тепла Q_{vw} , Q_{vu} , Q_{mn} , Q_{mp} (Вт) для секції пастеризації будуть представлені як добуток об'ємних витрат, густини, теплоємності і температури потоку:

$$Q_{p1} = k_p \cdot F_p \cdot \Delta t_p, \quad \text{де} \quad \Delta t_p = 0.5 (t_{vw} + t_{vu} - t_{mn} - t_{mp}). \quad (5)$$

Середня різниця температур між водою і молоком для теплообмінника з протитоком може рахуватися як середньологарифмічна, де велика і мала різниця температур на пастеризаторі Δt_{pb} і Δt_{pm} рахується на виході і вході теплоносія (гарячої води):

$$\Delta t_{pb} = t_{vu} - t_{mp}, \quad \Delta t_{pm} = t_{vw} - t_{mn}. \quad (6)$$

Для секції рекуперації:

$$Q_m = V_{md} \cdot r_m \cdot C_m \cdot t_{md} + K_v \cdot Q_{mp}; \quad Q_{mg} = (1 - K_v) \cdot V_m \cdot r_m \cdot C_m \cdot t_{mg}; \quad (7)$$

$$Q_{p2} = k_n \cdot F_n \cdot \Delta t_n, \quad \text{де} \quad \Delta t_n = 0.5 (t_{mp} + t_{mg} - t_{mn} - t_m). \quad (8)$$

Для секції охолодження:

$$Q_{xw} = V_x \cdot r_v \cdot C_v \cdot t_{xw}; \quad Q_{xu} = V_x \cdot r_v \cdot C_v \cdot t_{xu}; \quad (9)$$

$$Q_{mx} = (1 - K_v) \cdot V_m \cdot r_m \cdot C_m \cdot t_{mx}; \quad (10)$$

$$Q_{p3} = k_x \cdot F_x \cdot \Delta t_x, \quad \text{де} \quad \Delta t_x = 0.5 (t_{mg} + t_{mx} - t_{xw} - t_{xu}). \quad (11)$$

Враховуючи, що $G = V \cdot r$, для збірника холодного молока складемо баланс за масою молока:

$$G_m = G_{mp1} + G_{md} = K_v G_m + G_{md} \quad \text{звідки} \quad G_m = \frac{G_{md}}{1 - K_v}. \quad (12)$$

Баланс за теплом буде таким:

$$G_m \cdot C_m \cdot t_m = G_{mp1} \cdot C_m \cdot t_{mp} + G_{md} \cdot C_m \cdot t_{md}. \quad (13)$$

Якщо вважати теплоємність молока незмінною величиною, то отримаємо:

$$t_m = (1 - K_v) t_{md} + K_v \cdot t_{mp}. \quad (14)$$

Кількість тепла (Дж) в окремих зонах секцій пастеризатора Q_{vp} , Q_{mpa} , Q_{mn2} , Q_{mn1} , Q_{vk} , Q_{mk} можна порахувати як добуток: об'єму секції, густини, теплоємності і середнього арифметичного значення температури між потоками.

Підставляючи рівняння окремих теплових потоків в балансіві рівняння і диференціюючи за вихідними температурами теплоносія і продукту кожної секції пастеризатора, отримаємо систему із шести диференційних рівнянь, які описують динаміку теплообміну пастеризатора:

- в секції пастеризації:

$$0.5 V_{vp} r_v C_v \frac{dt_{vu}}{d\tau} = G_v C_v (t_{vw} - t_{vu}) - (1.05/2) k_p F_p (t_{vw} + t_{vu} - t_{mn} - t_{mp}); \quad (15)$$

$$0.5V_{mp}r_m C_m \frac{dt_{mp}}{d\tau} = G_m C_m (t_{mn} - t_{mp}) + 0.5k_p F_p (t_{vw} + t_{vu} - t_{mn} - t_{mp}); \quad (16)$$

- в секції рекуперації:

$$0.5V_{n2}r_m C_m \frac{dt_{mg}}{d\tau} = K_v G_m C_m (t_{mp} - t_{mg}) - (1.05/2)k_n F_n (t_{mp} + t_{mg} - t_m - t_{mn}); \quad (17)$$

$$0.5V_{n1}r_m C_m \frac{dt_{mn}}{d\tau} = C_m (K_v G_m t_{mp} + G_{md} t_{md} - G_m t_{mn}) + 0.5k_n F_n (t_{mp} + t_{mg} - t_m - t_{mn}); \quad (18)$$

- в секції охолодження:

$$0.5V_{mx}r_m C_m \frac{dt_{mx}}{d\tau} = K_v G_m C_m (t_{mg} - t_{mx}) - (1.05/2)k_x F_x (t_{mg} + t_{mx} - t_{xv} - t_{xu}); \quad (19)$$

$$0.5V_{vx}r_v C_v \frac{dt_{xu}}{d\tau} = G_x C_v (t_{xw} - t_{xu}) + 0.5k_x F_x (t_{mg} + t_{mx} - t_{xw} - t_{xu}). \quad (20)$$

В результаті проведення експериментальних і теоретичних досліджень отримано, що динамічна характеристика секції пастеризації за каналом «витрати гарячої води – температура пастеризованого молока» може бути виражена передатною функцією:

$$W(p) = \frac{K_n}{T \cdot p + 1} e^{-p\tau_3}, \quad (21)$$

де K_n – коефіцієнт передачі об'єкта, °C/(кг/с);

T – постійна часу об'єкта, с;

τ_3 – час запізнення, с.

Для знаходження параметрів передатної функції використаємо друге рівняння із системи рівнянь щодо зміни температури пастеризованого молока в часі t_{mp} , перетворивши його до виду:

$$\frac{0.5V_{mp}r_m C_m}{G_m C_m + 0.5k_p F_p} \frac{dt_{mp}}{d\tau} + t_{mp} = \frac{G_m C_m t_{mn} + 0.5k_p F_p (t_{vw} + t_{vu} - t_{mn})}{G_m C_m + 0.5k_p F_p}. \quad (22)$$

З цього рівняння можна знайти, що постійна часу об'єкта керування за каналом температури пастеризованого молока дорівнює:

$$T = \frac{0.5V_{mp}r_m C_m}{G_m C_m + 0.5k_p F_p}. \quad (23)$$

Температура пастеризованого молока, на якій вона стабілізується після збудження, дорівнює:

$$t_{cm} = \frac{G_m C_m t_{mn} + 0.5k_p F_p (t_{vw} + t_{vu} - t_{mn})}{G_m C_m + 0.5k_p F_p}. \quad (24)$$

Коефіцієнт передачі об'єкту знайдемо, виходячи із балансу тепла в статичному режимі без врахування втрат тепла в навколишнє середовище для секції пастеризації:

$$G_m \cdot C_m \cdot (1 - \varepsilon) (t_{mp} - t_{mn}) = G_v \cdot C_v \cdot (t_{vw} - t_{vu}), \quad (25)$$

де ε – коефіцієнт регенерації тепла секції пастеризації.

Перетворимо рівняння до виду статичної характеристики нагрівальної частини пристрою:

$$t_{mp} = t_{mn} + \frac{C_v \cdot (t_{vw} - t_{vu})}{G_m \cdot C_m \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot G_v \quad (26)$$

Таким чином коефіцієнт передачі об'єкту дорівнює:

$$K_n = \frac{C_v \cdot (t_{vw} - t_{vu})}{G_m \cdot C_m \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (27)$$

Час (транспортного) запізнення рахуємо, як час проходження гарячої води від регулюючого органу до секції пастеризації:

$$\tau_3 = \frac{V_{tr}}{2 \cdot V_v} \quad (28)$$

де V_{tr} – об'єм труби, с:

Коефіцієнт теплопередачі секції пастеризації розраховується за формулою:

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (29)$$

де δ_c – товщина стінки пастеризатора, м,

λ_c – теплопровідність металу стінки пастеризатора, Вт/м град;

α_1 і α_2 – коефіцієнти тепловіддачі від гарячої води до стінки і від стінки до молока, Вт/м² град.

Для знаходження масових витрат потоків молока за секціями пастеризатора необхідно знати густину молока, яка залежна від температури.

Дані щодо густини молока знайдемо у довідниках [1, 2].

1. Залежність густини молока від температури

Температура, °C	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
Густина, кг/м ³	1033	1032	1031	1029	1025	1021	1016.6	1011	1006	999.6

В результаті розрахунків в середовищі MathCad за методом найменших квадратів отримаємо з похибкою $\delta_{mm} = 0.177$ кг/м³ рівняння залежності густини молока від температури для температури від 5 до 80 °C:

$$\rho_m = 1034.83 - 0.24004 \cdot t - 2.4935 \cdot 10^{-3} \cdot t^2$$

Далі розрахуємо коефіцієнти передатної функції пастеризатора. Розрахунки виконуємо в середовищі пакету MathCad за формулами математичної моделі. Результати розрахунків наведені у табл. 2.

Таким чином передатна функція пастеризатора за каналом регулювання температури молока матиме вигляд:

$$W(p) = \frac{374.8}{159 \cdot p + 1} \cdot e^{-6.8p} \quad (30)$$

2. Результати розрахунків математичної моделі

Витрати молока, м ³ /год	1
Витрати гарячої води, м ³ /год	3
Ширина проточної частини пластин, м	0,45
Довжина проточної частини пластин, м	0,45
Відстань між пластинами, м	0,004
Еквівалентний діаметр каналу, м ³	0,00793
Об'єм молока і води в пастеризаторі, м ³	0,15
Поверхня теплопередачі в пастеризаторі, м ²	2,24
Товщина пластин, м	0,001
Температура молока на вході пастеризатора, °С	60
Температура молока на виході пастеризатора, °С	76
Температура води на вході пастеризатора, °С	95
Температура води на виході пастеризатора, °С	80
Критерій Прандля	3,86
Критерій Рейнольдса для води	10640,788
Критерій Рейнольдса для молока	2224,8
Критерій Нуссельта для води	94,8
Критерій Нуссельта для молока	17,87
Коефіцієнт теплопровідності	1067,16

Висновки і перспективи подальших досліджень. Створено структурну схему пастеризатора молока і на основі дослідження розроблено математичну модель пастеризатора, яка складається із системи диференціальних рівнянь, що описують динаміку процесу теплообміну у секціях. Зазначена модель дозволить розробити алгоритми керування температурним режимом для збільшення продуктивності пастеризатора.

Список використаних джерел

1. Брусиловский, Л. П. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности [Текст] / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 344 с.
2. Кук, Г. А. Пастеризация молока [Текст] / Г. А. Кук – М.: Пищепромиздат, 1951. – 240 с.
3. Єресько, Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв [Текст] / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворощук– К.: Фірма „ІНКОС”, центр навчальної літератури, 2007. – 344 с.
4. Лисенко, В. Інтенсифікація та моделювання технологічних об'єктів [Текст] / В. Лисенко, Є. Чернишенко, В. Решетюк, В. Мірошник, Н. Заєць, І. Цигульов. – К.: АграрМедіаГруп, 2016. – 476 с.

References

1. Brusilovskiy, L.P., Vaynberg, A.Ya. (1978). Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v molochnoy promyshlennosti [Automation of technological processes in the dairy industry]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 344.
2. Kuk, G.A. (1951). Pasterizatsiya moloka [Milk pasteurization] . Moscow: Pishchepromizdat, 240.

3. Eres'ko, G.O., Shinkarik , M.M., Voroshchuk ,V.Ya. (2007). Tekhnologichne obladnannya molochnikh virobnitstv [Technological equipment of dairy production]. Kyiv: Firma „INKOS”, tsentr navchal'noї literaturi, 344.

4. Lisenko,V., Chernishenko, E., Reshetyuk, V., Miroshnik, V., Zaets', N., Tsigul'ov, I. (2016). Intensifikatsiya ta modelyuvannya tekhnologichnikh ob'ektiv [Intensification and modeling of technological objects]. Kyiv: AgrarMediaGrup, 476.

ПАСТЕРИЗАТОР КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ПО КАНАЛАХ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

В. А. Мирошник, Т. И. Лендел

Аннотация. Создана структурная схема пастеризатора молока и на основе ее исследования разработаны способы управления температурой и параметрические схемы секций: рекуперации, пастеризации и охлаждения пластинчатого пастеризатора молока. Разработана математическая модель пастеризатора, состоящая из системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику процесса теплообмена в секциях. С помощью модели в среде MathCad выполнены расчеты коэффициентов передаточной функции объекта по каналу регулирования температуры в секциях. При создании математической модели пастеризатора принято, что потери тепла с поверхности объекта в окружающую среду незначительны и составляют 5% по сравнению с тепловыми потоками, которые переходят от теплоносителя к продукту. Статические характеристики секций пастеризатора получены благодаря составленной системе балансовых уравнений для тепловых потоков камер отдельных секций. В результате проведения экспериментальных и теоретических исследований получена динамическая характеристика секции пастеризации по каналу «расход горячей воды – температура пастеризованного молока». Указанная модель позволит разработать алгоритмы управления температурным режимом для увеличения производительности пастеризатора.

Ключевые слова: математическая модель, пластинчатый пастеризатор, передаточная функция, температурный режим

ASTEURIZER AS OBJECT OF CONTROL ON CHANNELS OF HEATING AND COOLING MILK

V. Miroshnik, T. Lendiel

Annotation. Created block diagram pasteurizers and based its study developed ways to control temperature and parametric diagrams sections: recovery, pasteurization and cooling plate pasteurizers. The mathematical model pasteurizer, which consists of a system of differential equations describing the dynamics of the process heat in sections. Using the model in environment MathCad calculations of the coefficients of the transfer function of the object through the channel temperature control in sections. When creating

a mathematical model pasteurizer accepted that heat loss from the surface of the object to the environment and make minor 5% compared to the heat flow coming from the coolant to the product. Static characteristics sections pasteurizer received back system of balance equations for heat flow chambers separate sections. As a result of experimental and theoretical studies obtained dynamic characteristics of pasteurization used by the channel "discharge of hot water - temperature pasteurized milk." This model will develop control algorithms temperature conditions to increase productivity pasteurizer.

Keywords: mathematical model, plate pasteurizer, transfer function, temperature control

УДК 621.313

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

М. М. ЗАБЛОДСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

П. Б. КЛЕНДІЙ, кандидат технічних наук, доцент
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Г. Я. КЛЕНДІЙ, старший викладач
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

О. П. ДУДАР, інженер
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»
E-mail: pklen_@i.ua⁸

Анотація. *В статті розглянуто питання впливу температурних режимів біогазових установок на вихід біогазу та часу зброджування. Для створення оптимального температурного режиму пропонується використання поліфункціонального електромеханічного перетворювача, який буде виконувати роль джерела теплової енергії та насоса, що дозволить не спалювати вироблений біогаз і замінити електродвигун і насос одним пристроєм.*

Ключові слова: *біогазова установка, температурні режими, поліфункціональний електромеханічний перетворювач*

Актуальність. Біогазові установки забезпечують переробку органічних відходів (стоків тваринницьких виробництв і рослинництва) і осадів стічних вод в біогаз (горючий газ). Поряд з біогазом біогазові установки виробляють

⁸ © М. М. Заблодський, П. Б. Клендій,
Г. Я. Клендій, О. П. Дудар, 2017