

УДК 637.133.7

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ПО КРИТЕРІЮ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Мірошник В.О., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (044) 527-83-82

**Анотація** – отримана модель, яка враховує конструктивні характеристики пастеризатора молока і дозволяє оптимізувати процес за критерієм мінімуму енергетичних ресурсів.

**Ключові слова** – пастеризація молока, оптимізація, енергетичні ресурси.

*Постановка проблеми.* Пастеризація – основна попередня операція при обробленні 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 при подальшому охолодженні молока довгий час зберігати продукт без зміни його якості.

*Аналіз останніх досліджень.* Найчастіше для пастеризації молока використовують пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні апарати. Існуючі системи автоматизації таких апаратів забезпечують підтримання заданих теплових режимів нагрівання і охолодження молока, його витримку при постійній температурі, а також попереджують вихід із пристрою не догрітого продукту.

*Формулювання мети статті.* Обладнання для нагріву і охолодження молока потребує великих витрат палива і електроенергії. Для пастеризації молока гарячою водою, промивання пастеризатора потрібно використовувати потужні електроводонагрівачі або котли, що працюють на дорогому рідкому паливі. Застосоване в молочному тваринництві холодильне обладнання також споживає велику кількість енергії. Наприклад холодильна установка МВТ-20 споживає 9,4 кВт електроенергії на год. роботи, холодильна установка АВ-30 – 18, електроводонагрівач УАТ - 1600 – понад 30 кВт.

*Основна частина.* Системою автоматизації передбачається враховувати і мінімізувати витрати енергоресурсів при пастеризації молока. Критерієм управління пастеризатором вибрана мінімізація ви-

трат енергоресурсів під час пастеризації

$$F(x_1, x_2, x_3) = P_{\text{нагр}} + P_{\text{хв}} + P_{\text{лв}} + P_{\text{сеп}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де параметрами управління є:  $x_1$  – витрати енергоресурсів на нагрівання гарячої води ( $P_{\text{нагр}}$ );  $x_2$  – продуктивність насоса по перекачуванню молока;  $x_3$  – частка молока на рециркуляцію, а  $P_{\text{нагр}}$  – витрати енергоресурсів на нагрівання гарячої води;  $P_{\text{хв}}$  – на охолодження холодної води;  $P_{\text{лв}}$  – на охолодження льодяної води;  $P_{\text{сеп}}$  – на сепарацію молока;

В якості об'єкту управління використовується пластинчастий пастеризатор ОП2Ф-1, схема якого зображена на рис. 1. На схемі представлені п'ять секцій апарату: 1 – пастеризатор, 2 – рекуператор I, 3 – рекуператор II, 4 – охолоджувач I, 5 – охолоджувач II, а також: 6 – витримувач молока, 7 – бойлер, 8 – холодильник холодної води, 9 – холодильник льодяної води, 10 – сепаратор, 11 – збірник, 12 – кран перемикач.

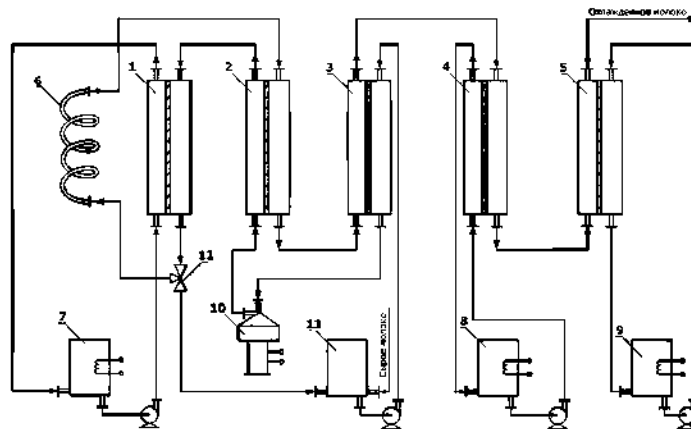


Рис. 1. Схема пастеризатора ОП2Ф-1.

Для дослідження системи автоматизації розробляється математична модель об'єкту, для кожного із теплообмінників апарату. Для секції пастеризації така модель буде складатися із диференціальних рівнянь зміни температур молока і води на виході пастеризатора:

$$0.5V_m \cdot \rho_m \cdot C_m \frac{dT_{mvu}}{d\tau} = G_m \cdot C_m (T_{mvx} - T_{mvu}) + 0.25 \cdot K_c \cdot F_n (T_{mvx} + T_{mvu} + T_{bvx} + T_{bv u})$$

$$0.5V_b \cdot \rho_b \cdot C_b \frac{dT_{bv u}}{d\tau} = G_b \cdot C_b (T_{bv x} - T_{bv u}) + 0.25 \cdot K_c \cdot F_n (T_{mvx} + T_{mvu} + T_{bv x} + T_{bv u}) + K_n \cdot F_n (0.25(T_{mvx} + T_{mvu} + T_{bv x} + T_{bv u}) - T_n)$$

де в позначеннях змінних:  $m$  – молоко,  $b$  – вода,  $v_x$  – вхід,  $v_u$  – ви-

хід,  $n$  – зовнішній,  $c$  – стінка,  $T$  – температура,  $V$  – витрати,  $C$  – теплоємність,  $K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $F$  – поверхня теплопередачі,  $\rho$  – густина.

Коефіцієнти теплопередачі розраховувались по відомих формулах, а для теплофізичних параметрів молока були знайдені необхідні рівняння.

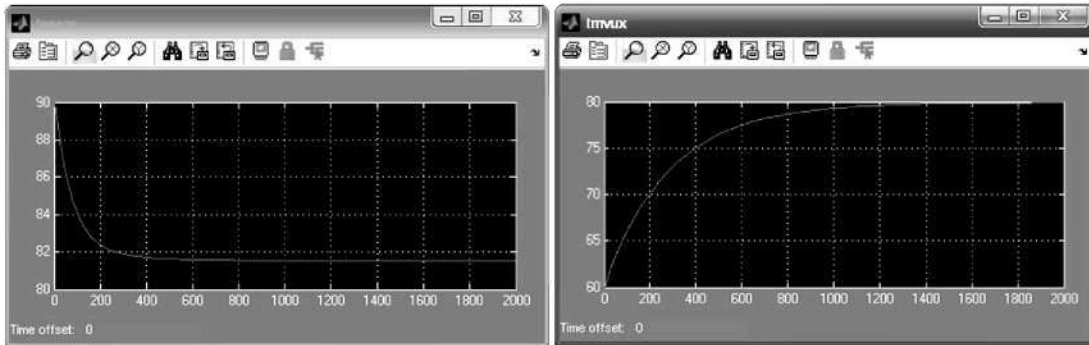


Рис. 2. Розгінні криві  $tmvux$  – зміни температури гарячої води і  $tmvux$  – температури пастеризованого молока.

По рівняннях моделі була створена імітаційна модель в середовищі Simulink MATLAB, показана на рис. 3 і отримані розгінні харак-

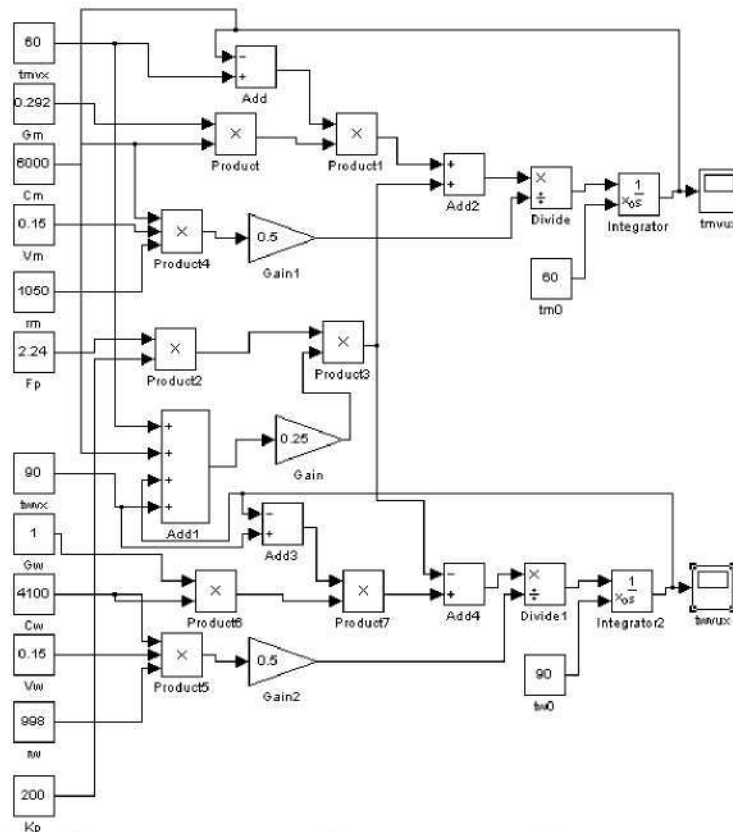


Рис.3. Імітаційна схема секції пастеризації молока в символах Simulink.

теристики температури гарячої води і пастеризованого молока на виході секції (рис.2).

*Висновки.* Модель враховує конструктивні характеристики апарату, використовується в навчальному процесі і є першим етапом роботи над системою автоматизації.

#### Література

1. Кук Г.А. Пастеризация молока / Г.А. Кук. – М. : Пищепромиздат, 1951. – 240 с.

2. Брусиловский Л.П. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности / Л.П. Брусиловский, А.Я. Вайнберг. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 344 с.

3. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворощук. – К. : ІНКОС, Центр навчальної літератури, 2007. – 344 с.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА ПО КРИТЕРИЮ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Мирошник В.О.

*Аннотация* - получена модель, которая учитывает конструктивные характеристики пастеризатора молока и позволяет оптимизировать процесс по критерию минимума энергетических ресурсов.

### **OPTIMIZATION OF PROCESS OF PASTEURIZATION OF MILK BY CRITERION OF ECONOMY OF POWER RESOURCES**

V. Miroshnik

#### *Summary*

**A model which takes into account structural descriptions of pasteurizer milk and allows to optimize a process on the criterion of a minimum power resources is got.**