

УДК 536.3665.3

## INTENSIFICATION OF SUNFLOWER CAKES COOLING AT OIL EXTRACTION PLANTS

**M. Maslikov, M. Maslikov, V. Boyko, S. Samiilenko***National University of Food Technologies***Key words:**

Cooling,  
Sunflower oily cake,  
Extraction,  
Intensity,  
Fins,  
Conveyor

**Article history:**

Received 06.10.2018  
Received in revised form  
09.11.2018  
Accepted 21.11.2018

**Corresponding author:**  
mmaslikov@gmail.com

**ABSTRACT**

The results of the development of the sunflower oily cake cooling system at the oil production are presented in this article.

The optimal oily cake temperature before extraction is 45—55 °C. Its decrease leads to a decrease in the intensity of extraction and an increase in sunflower oil losses. Its increase leads to an increase in solvent losses due to evaporation. Cooling of the oily cake becomes relevant during global warming, especially noticeable in the south regions of Ukraine, where sunflowers are grown and processed.

At domestic plants, the cooling of the oily cake usually occurs due to heat losses during its transportation for extraction. In world practice, heat exchangers are most often used for cooling bulk materials. However, significant grinding and removal of the material are observed in this case.

The analysis of factors affecting the efficiency of cooling of bulk brittle materials is carried out, the advantages and disadvantages of using different cooling methods are revealed. A computer model of the cooling system has been developed, which allows determining the temperature of oily cake under different cooling conditions and the configuration of its transportation system. The results of the computational experiment carried out using the computer model are presented and analyzed. Graphs of the ambient temperature influence on the temperature of the cooled oily cake for different methods of its cooling are presented.

On the basis of the computational experiment, the method of intensification of heat transferring from the oily cake to the ambient air with air blowing of the finned bottom of a part of the conveyors was chosen. For blowing under the finned conveyors, air boxes with slots are installed, which provide uniform in length air supply. The air is supplied by fans, exits through the slots at the same speed and blows the finned conveyors, improving heat removal from the fins. The methods of calculation and design of the finned conveyors and air showers for their blowing are developed.

---

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-10

---

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОХОЛОДЖЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ КРУПКИ НА ОЛІЄКСТРАКЦІЙНИХ ЗАВОДАХ

М. О. Масліков, канд. техн. наук,

М. М. Масліков, канд. техн. наук,

В. О. Бойко, канд. техн. наук,

С. М. Самійленко, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

*Наведено результати дослідження ефективності охолодження соняшникової крупки в олієжировому виробництві. Проведено аналіз чинників, які впливають на інтенсивність охолодження сипучих крихких речовин. Представлено методику розрахунку і комп'ютерну модель системи охолодження, результати обчислювального експерименту та їх аналіз. Розроблено методики розрахунку та конструкції засобів інтенсифікації охолодження: оребрення транспортерів крупки та повітряного душу для їх обдування. Наведено графіки залежності температури охолодженої крупки від способів охолодження й температури довкілля.*

**Ключові слова:** охолодження, соняшникова крупка, екстракція, інтенсивність, оребрення, транспортер.

**Постановка проблеми.** Для екстракції олії з крупки в Україні застосовують розчинник гексановий. Оптимальна температура крупки перед екстракцією 45—55 °С [1]. Зменшення температури призводить до погіршення процесу і втрат олії, а збільшення — до втрат розчинника через його випаровування. Охолодження крупки стає актуальним через підвищення температури довкілля внаслідок глобального потепління, особливо відчутного на півдні країни, де вирощують і переробляють насіння соняшника. Збільшення втрат розчинника на ЗАТ «Пологівський ОЕЗ» сягало 1,5—3%, що може становити до 20 т/добу. При вартості 150 грн/кг збитки можуть становити від 1,5 до 3 млн грн на добу.

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Україна є світовим лідером виробництва олії з насіння соняшника. Найпоширенішими способами її отримання є механічний віджим насіння (45% олійності) та екстракція. Після застосування механічного способу (пресування), крім олії, отримують макуху, яка містить до 10—15% олії. Для її вилучення застосовують екстрагування. Отримані з макухи гранули (пелюстки чи крупка) подають до екстрактора, де органічний розчинник з підвищеною леткістю (наприклад, гексан) у кількості 2,5—3,5% до маси сировини, попередньо підігрітій у теплообмінниках до 30—40 °С, вилучає залишки олії.

Температура олієвмісного матеріалу, що надходить до екстрактора, для його безпечної роботи за малих втрат розчинника має бути нижчою за температуру кипіння розчинника щонайменше на 5 °С. Для розчинників, що використовуються в Україні, температура не повинна перевищувати 60 °С. Міцелу (розчин олії в розчиннику) дистилують для видалення розчинника. Залишок макухи після екстракції (шрот), що містить 0,3—1% олії та інші поживні речовини, використовують для вироблення комбікормів. Температура соняшникової крупки після дробарок має температуру близько 100 °С, а на вході до екстрактора вона не повинна перевищувати нормативних значень (55 °С) [1]. На вітчизняних заводах таке охолодження крупки, зазвичай, відбувається під час транспортування за рахунок тепловтрат.

У світовій практиці для охолодження матеріалу в гранулах найчастіше використовують додаткові теплообмінні апарати — горизонтальні стрічкові та протитоківі

охолоджувачі [2]. Недоліком горизонтальних охолоджувачів є малі коефіцієнти тепловіддачі, через що під час омивання шару матеріалу основна маса повітря не контактує з ним і випускається. У протитоковому охолоджувачі продукт рухається згори донизу, тоді як повітря проходить крізь його шар знизу вгору. Завдяки цьому забезпечується більш ефективний теплообмін і краще охолодження при використанні меншої кількості повітря. Проте використання протитокових охолоджувачів, особливо з мішалками, супроводжується значним подрібненням і винесенням продукту, що також обмежує використання охолоджувачів з киплячим шаром. Іноді застосовують каскадні та інші типи охолоджувачів [3].

Гранулювання перед екстракцією [4] усуває перелічені вище недоліки та підвищує ефективність екстрагування. Крім того, гранулювання забезпечує отримання пористої, міцної гранули, необхідну температуру продукту перед екстракцією, зниження витрати розчинника. Але це вимагає збільшення видатків на придбання додаткового обладнання для гранулювання, сушіння й охолодження гранул. Тривають дослідження, що мають на меті оптимізацію охолодження гранульованих продуктів [5, 6].

Підвищення ефективності охолодження крупки в транспортері можливе відомими засобами інтенсифікації тепловіддачі: оребренням транспортерів, обдуванням повітрям, водяною сорочкою. Розрахунки показали, що оребрення існуючих транспортерів не дасть змоги охолодити крупку до потрібної температури, оскільки потребує надто великої кількості ребер, які мають малий крок розміщення. Крім того, неможливе регулювання охолодження крупки за зміни температури довкілля. Використання водяної сорочки збільшить масу системи транспортерів, яка має велику протяжність і розташована, як правило, на даху. Обдування транспортерів повітрям через низький коефіцієнт тепловіддачі вимагає надто великих витрат повітря та, відповідно, важких і енергомістких вентиляторів [7].

**Мета дослідження:** розробити систему охолодження крупки до екстрактора, що, незалежно від температури навколишнього середовища, забезпечує можливість підтримання регламентної температури екстракції і усуває перевитрату екстрагента.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є система охолодження крупки перед екстрактором та аналіз її ефективності. Методи дослідження — математичне моделювання, розроблення комп'ютерної моделі та обчислювальний експеримент.

**Результати дослідження.** Дослідження системи транспортування крупки проведені на підприємстві ЗАТ «Пологівський ОЕЗ». Система складається з транспортерів, що переміщують крупку горизонтально, і двох норій, що піднімають крупку по вертикалі. Більшість горизонтальних транспортерів розміщені на даху і знаходяться під дією сонячної радіації. Охолодження крупки до екстракції відбувається в системі транспортування її в екстрактор шляхом відведення теплоти в довкілля за рахунок вільної конвекції. За даними фахівців підприємства перевищення регламентної температури екстракції призводить до перевитрат розчинника гексанового на 1,5—3% [7].

Принципова схема подачі крупки від пресів до екстрактора наведена на рис. 1. Для розроблення раціональної системи охолодження проаналізовані технічні рішення, застосування яких доцільне з огляду на їх ефективність та можливі недоліки.

Охолоджувати крупку під час її транспортування до екстрактора вирішено без встановлення додаткового обладнання. Крім охолодження за рахунок вільної конвекції, розглянуто оребрення транспортерів, охолодження їх повітряним душем, оснащення транспортерів водяною сорочкою. За показник ефективності системи прийнята температура крупки перед екстрактором.

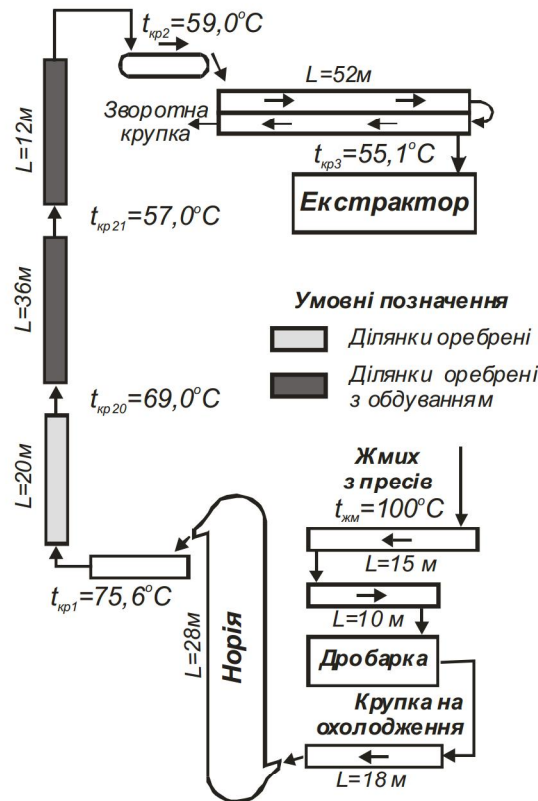


Рис. 1. Система транспортування крупки до екстрактора

Для проведення аналізу розроблена методика розрахунку і комп'ютерна модель, проведено обчислювальний експеримент, за допомогою якого виконано порівняльний аналіз різних способів охолодження крупки під час транспортування.

Для моделювання процесів використано математичні залежності. Так, теплота, яку крупка віддає з транспортера (за тепловим балансом), визначається за формулою:

$$\frac{G_{кр}}{2} c_{кр} (t_{жсм} - t_{кр1}) = k_{кр} F_{кр} \frac{(t_{жсм} - t_{нов}) - (t_{кр1} - t_{нов})}{\ln \left[ \frac{(t_{жсм} - t_{нов})}{(t_{кр1} - t_{нов})} \right]} + \dots$$

$$\dots + k_{нов} F_{нов} (t_{нов.к} - t_{нов}) \quad (1)$$

де  $G_{кр}$  — витрата крупки, т/добу;  $c_{кр}$  — питома теплоємність крупки, кДж/кг;  $t_{жсм}$ ,  $t_{кр1}$ ,  $t_{нов}$  — температура, відповідно, крупки після дробарки, після норій і повітря у приміщенні цеху, °С;  $F_{кр}$ ,  $F_{нов}$  — площа тепловідведення, відповідно, від повітря в кожусі до повітря на ділянці і від крупки до повітря на ділянці, м<sup>2</sup>:

$$F_{нов} = L1a(b + 2(h - h_{кр})) \quad (2)$$

$$F_{кр} = L1a(b + 2h_{кр}) \quad (3)$$

де  $b$ ,  $h$ ,  $h_{кр}$  — відповідно, ширина і висота транспортера, висота шару крупки, м;  $k_{кр}$ ,  $k_{нов}$  — коефіцієнт теплопередачі на ділянці, заповнений, відповідно, крупкою і повітрям [8], Вт/м<sup>2</sup>К:

$$k_{кр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1кр}} + \frac{1}{\alpha_{21}} + \frac{\delta'_{см}}{\lambda_{см}}}; \quad (4)$$

$$k_{нов} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1нов}} + \frac{1}{\alpha_{22}} + \frac{\delta'_{см}}{\lambda_{см}}}, \quad (5)$$

де  $\alpha_{1кр}$ ,  $\alpha_{21}$ ,  $\alpha_{22}$ ,  $\alpha_{1нов}$  — коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, від крупки до стінки, від стінки на ділянці крупки до повітря в приміщенні, від стінки на ділянці над крупкою до повітря, а також від крупки до повітря в кожусі [8], Вт/м<sup>2</sup>К, ( $\alpha_{1кр} = 75$  Вт/м<sup>2</sup>К):

$$\alpha_{21} = 9,3 + 0,47(t_{дн.з} - t_{нов}) + 7\sqrt{w_{нов.н}}; \quad (6)$$

$$\alpha_{22} = 9,3 + 0,47(t_{см.з} - t_{нов}) + 7\sqrt{w_{нов.н}}; \quad (7)$$

$$\alpha_{1нов} = 9,3 + 0,47(t_{нов.к} - t_{см.в}) + 7\sqrt{w_{нов.к}}; \quad (8)$$

$$\alpha_{2кр} = 9,3 + 0,47(t_{кр.с} - t_{нов.к}) + 7\sqrt{w_{нов.к}}. \quad (9)$$

Температура крупки середня, °С:

$$t_{кр.с} = \frac{t_{жсм} + t_{кр1}}{2}. \quad (10)$$

Температура дна транспортера внутрішня, °С:

$$t_{дн.в} = t_{кр.с} - \frac{q_{кр1}}{\alpha_{1кр}}. \quad (11)$$

Температура дна транспортера зовнішня, °С:

$$t_{дн.з} = t_{дн.в} - \frac{q_{кр1}\delta_{см}}{\lambda_{см}}. \quad (12)$$

Температура повітря у кожусі транспортера, °С:

$$t_{нов.к} = t_{кр.с} - \frac{q_{кр2}}{\alpha_{2кр}}. \quad (13)$$

Температура стінки кожуха транспортера внутрішня, °С:

$$t_{см.в} = t_{нов.к} - \frac{q_{кр2}}{\alpha_{2кр}}. \quad (14)$$

Температура стінки кожуха транспортера зовнішня, °С:

$$t_{см.з} = t_{см.в} - \frac{q_{нов}\delta_{см}}{\lambda_{см}}. \quad (15)$$

Інтенсивність охолодження можна збільшити оребренням [9]. Коли теплота відводиться від транспортера з оребреним дном кількість ребер становить:

$$n_p = \frac{L}{S_p}, \quad (16)$$

де  $L$  — довжина транспортера, м;  $S_p$  — крок ребер, м.

Розміри ребра, м:  $l$  — висота;  $b$  — ширина;  $\delta_p$  — товщина. Периметр і площа поперечного перерізу ребра, відповідно:  $P=2(b+\delta_p)$ , м;  $f_p = b\delta_p$ , м<sup>2</sup>.

Визначальний розмір, м:

$$x = \frac{4bh}{2(b+h)}. \quad (17)$$

Коефіцієнти тепловіддачі від неоребреної стінки до повітря, Вт/м<sup>2</sup>К:

$$\alpha_{21} = 0,264 \left( \frac{w_{нов.н} x}{v_n} \right)^{0,66} Pr_0^{0,35} \frac{\lambda_n}{x}, \quad (18)$$

де  $v_n$ ,  $\lambda_n$  — відповідно, в'язкість і густина повітря.

Коефіцієнти тепловіддачі від ребра стінки до повітря, Вт/м<sup>2</sup>К:

$$\alpha_{2p} = 7,54 \frac{\lambda_n}{2S_p}. \quad (19)$$

Перенесення теплоти в ребрах сталого перерізу:

$$\mu_p = \sqrt{\frac{P\alpha_{2c}}{f_p\lambda_{cm}}}. \quad (20)$$

Коефіцієнт теплопередачі від оребреного транспортера до повітря, Вт/м<sup>2</sup>К:

$$K_p = \lambda_{cm} f_p \mu_p \frac{\sinh(\mu_p l) + \frac{\alpha_{2p} \cosh(\mu_p l)}{\lambda_{cm} \mu_p}}{\cosh(\mu_p l) + \frac{\alpha_{2p} \sinh(\mu_p l)}{\lambda_{cm} \mu_p}}. \quad (21)$$

Кількість відведеної теплоти, Вт:

$$Q_p = K_p (t_{дн.з} - t_{нов.п}). \quad (22)$$

Температура крупки на виході з оребреного транспортера, °С:

$$t_{см.з} = t_{см.в} - \frac{q_{нов} \delta_{cm}}{\lambda_{cm}}. \quad (23)$$

Поверхня оребрення, м<sup>2</sup>:

$$F_{p1} = 2L(b+h) + n_p [2lb + \delta_p(2l+b)] - n_p b \delta_p. \quad (24)$$

Потрібна кількість металу на оребрення (площа листа) м<sup>2</sup>:

$$F_m = n_p b l. \quad (25)$$

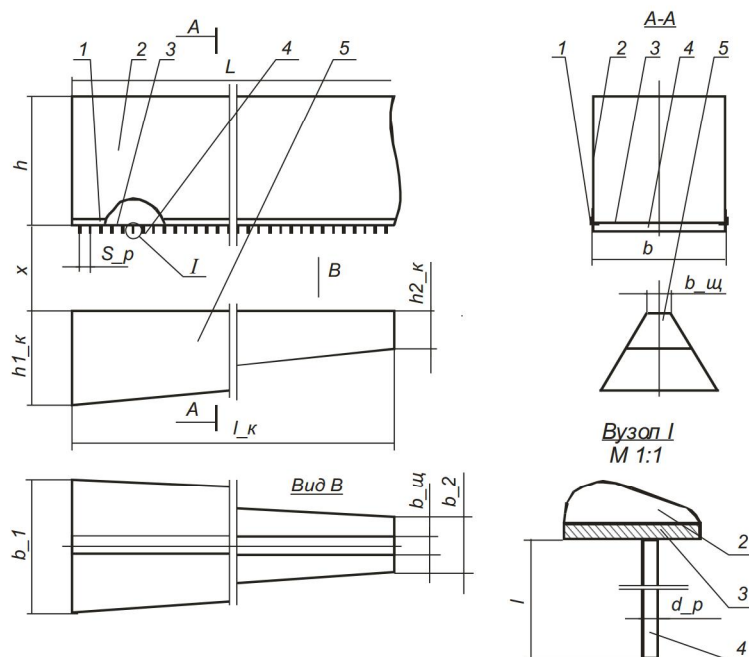
Маса металу на оребрення (площа листа) м<sup>2</sup>:

$$M_m = F_m \delta_p \rho_m. \quad (26)$$

Для інтенсифікації охолодження крупки обдуванням транспортера розроблена конструкція повітряного душа (рис. 2). Повітря нагнітачем подається у короб 5, розміщений під транспортером, і через щілину обдуває його оребрене дно 3. Висота короба на вході, м:

$$h_{1к} = \frac{Q_{нов}}{wb_1}. \quad (27)$$

де  $Q_{нов}$  — витрата повітря, м<sup>3</sup>/год;  $w$  — швидкість повітря, м/с;  $b_1$  — ширина короба на вході.



**Рис. 2. Повітряний душ транспортера:** 1 — кутик рівнобічний; 2 — стінка бокова; 3 — дно; 4 — ребро; 5 — обдувальний пристрій

Висота короба на виході  $h_{2к} = 0,25h_{1к}$ , м; площа повздовжнього перерізу короба  $f_k = b_1 l_k$ , м<sup>2</sup>. Еквівалентний діаметр щілини, м:

$$d_0 = \frac{4f_{щ}}{2(l_k + b_{щ})}. \quad (28)$$

де  $f_{щ} = b_{щ} l_k$ , м<sup>2</sup> — площа перерізу щілини.

Діаметр повітряного струменя біля дна (з урахуванням розкриття струменя) [10], м:

$$d_x = 6,8d_0 \left( \frac{ax}{d_0} + 0,145 \right). \quad (29)$$

де  $a$  — дослідний коефіцієнт турбулентності повітря.

Швидкість повітря на виході з щілини, м/с:

$$w_0 = w_{нов} \frac{(ax/d_0) + 0,145}{0,266}. \quad (30)$$

Сумарна витрата повітря на короби,

$$Q_{нов} = w_0 L b_{щ}. \quad (31)$$

Необхідна площа перетину короба на вході, м<sup>2</sup>:

$$F_1 = Q_{нов} / w. \quad (32)$$

Еквівалентний діаметр короба, м:

$$d_k = \frac{4F_1}{2(b_1 + h_1)}. \quad (33)$$

Кінематична в'язкість повітря [10], м<sup>2</sup>/с:

$$\nu_{нов} = [13,45 + 0,0885 t_{нов} + 0,00013 t_{нов}^2] 10^{-4}. \quad (34)$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_0 d_k}{\nu_{нов}}. \quad (35)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору для турбулентного режиму:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d_k} \right)^{0,25} \quad (36)$$

Втрати напору, мм в. ст.:

$$H = 1,2 \left( \lambda \frac{l_k}{d_k} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho_{нов} w^2}{2} \quad (37)$$

де  $\Sigma \zeta$  — сумарний коефіцієнт місцевого опору повітряного каналу.

Умови проведення обчислювального експерименту: розрахункова схема (рис. 1); розрахункова літня температура регіону — +28 °С. Варіювалися: температурний режим; продуктивність виробництва; способи охолодження; конструктивні ( $L$ ;  $b_1$ ;  $b_{щ}$ ;  $h_{1к}$ ) і режимні ( $w$ ;  $Q_{нов}$ ;  $H$ ) параметри системи охолодження. Визначалась  $t_{кр}$  після кожної розрахункової ділянки і на вході в екстрактор.

У табл. 1 наведені результати проведеного обчислювального експерименту (ширина щілини короба 50 мм).

Таблиця 1. Результати обчислювального експерименту [11]

№ варіанта	Ширина короба $b_1$ , мм	Ширина щілини $b_{щ}$ , мм	Висота короба на вході $h_{1к}$ (для $L=12$ м)	Висота короба на вході $h_{1к}$ (для $L=18$ м)	Швидкість повітря в щілині $w$ , м/с	Напір вентилятора $H$ , мм (для $L=12$ м)	Напір вентилятора $H$ , мм (для $L=18$ м)	Витрата повітря $Q_{нов}$ , м <sup>3</sup> /год (для $L=12$ м)	Витрата повітря $Q_{нов}$ , м <sup>3</sup> /год (для $L=18$ м)	Температура крупки Кінцева $t_{кр}$ , °С
1	300	50	320	480	4	685,1	689,8	8640	12960	55,13
2	400	50	240	360	4	842,8	845,6	8640	12960	55,13
3	500	50	192	288	4	1004	1006	8640	12960	55,13
4	300	50	280	420	3,5	687,1	691,8	7560	11340	55,96
5	400	50	210	315	3,5	845,5	848,2	7560	11340	55,96
6	500	50	168	252	3,5	1007	1009	7560	11340	55,96
7	300	50	240	360	3	689,9	694,4	6480	9720	56,72
8	400	50	180	270	3	849,2	851,7	6480	9720	56,72
9	500	50	144	216	3	1012	1013	6480	9720	56,72
10	300	50	200	300	2,5	693,8	698,1	5400	8100	57,5
11	400	50	150	225	2,5	854,5	856,6	5400	8100	57,5
12	500	50	120	180	2,5	1019	1020	5400	8100	57,5
13	300	50	160	240	2	699,8	703,8	4320	6480	57,83
14	400	50	120	180	2	862,8	864,3	4320	6480	57,83
15	500	50	96	144	2	1030	1029	4320	6480	57,83

У табл. 2. наведений розрахунок температури крупки перед екстрактором для транспортної системи Пологівського ОЕЗ і узгоджених параметрів системи примусового повітряного охолодження: 7 коробів; довжина коробів — 12 м; ширина коробів — 500 мм; ширина щілини — 50 мм; швидкість повітря в коробі — 16 м/с; температура повітря — 28 °С. Швидкість обдування змінна (3—5 м/с).

На рис. 3 представлена залежність температури охолодженої крупки від температури зовнішнього повітря та способів охолодження: 1 — охолодження за рахунок тепловтрат транспортерів; 2 — транспортери обдуваються повітрям; 3 — транспор-

тери оребрені і обдуваються повітрям; 4 — транспортери охолоджуються водою; 5 — транспортери оребрені; 6 — охолодження і оребрення транспортерів за конфігурацією (рис. 1).

Таблиця 2. Параметри системи охолодження транспортерів крупки [11]

№ варіанта	Швидкість повітря біля короба, м/с	Витрата повітря Q, м <sup>3</sup> /год	Висота короба на вході, мм	Напір вентилятора Н, мм в. ст. (для L=18м)	Температура крупки кінцева, град
1	3	6952	290	80	56,7
2	3,5	8111	340	79	56
3	4	9270	390	77	55,1
4	4,5	10430	440	76	54,6
5	5	11590	485	75	54,1

Для зменшення температури крупки вибрано спосіб інтенсифікації теплопередачі від крупки до зовнішнього повітря за допомогою оребрення дна однієї частини транспортерів та оребрення дна й обдування повітрям іншої частини транспортерів. Для охолодження обдуванням під оребреними транспортерами встановлено повітряні короби з щілинами, що забезпечують рівномірну по довжині подачу повітря. Повітря подається вентиляторами, виходить через щілини з однаковою швидкістю та обдуває оребрені транспортери, покращуючи тепловідведення з ребер [11].

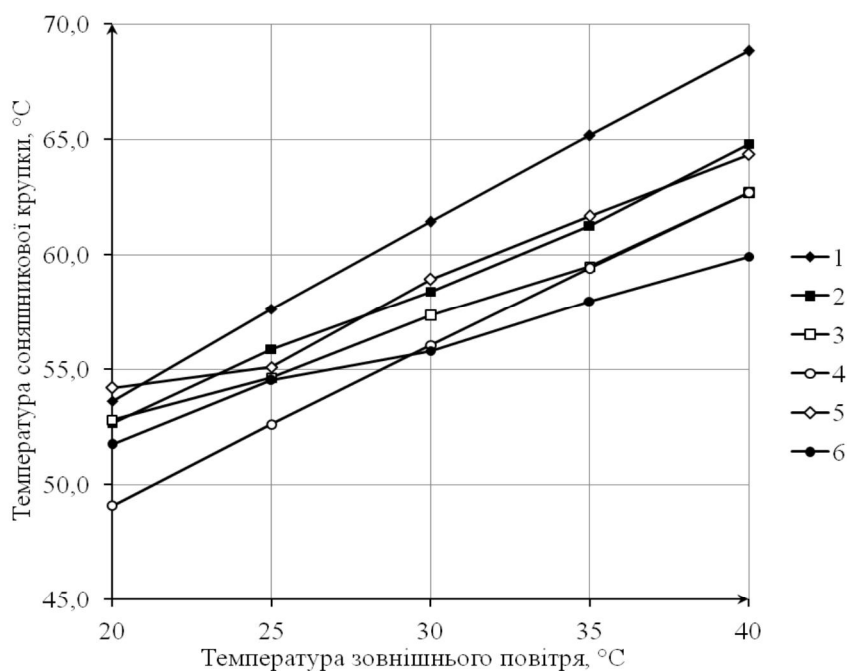


Рис. 3. Вплив температури зовнішнього повітря та різних варіантів системи охолодження на температуру крупки перед екстрактором: 1 — охолодження за рахунок тепловтрат транспортерів; 2 — транспортери обдуваються повітрям; 3 — транспортери оребрені і обдуваються повітрям; 4 — транспортери охолоджуються водою; 5 — транспортери оребрені; 6 — охолодження і оребрення транспортерів за конфігурацією (рис. 1)

**Висновки.** За допомогою розробленої комп'ютерної моделі та результатів обчислювального експерименту встановлено вплив способів і схеми системи охолодження, а також температури зовнішнього повітря на температуру крупки перед екстрактором. Знайдені оптимальні розміри оребрення транспортерів крупки. Розроб-

лена система повітряного охолодження дає змогу підтримувати оптимальну температуру екстракції в існуючому діапазоні температур довкілля. Результати дослідження рекомендовані до впровадження на ЗАТ «Пологівський ОЕЗ».

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Осейко М. І. Технологія рослинних олій: підруч. / М. І. Осейко. К.: Варта, 2006.
2. The Importance of Cooling Pellets in Quality Feed Processing [Electronic resource]. Regime of access: <https://www.yemmak.com/en/the-importance-of-cooling-pellets-in-quality-feed-processing>.
3. Andersson D. Mathematical Model for Countercurrent Feed Pellet Cooler [Electronic resource] / David Andersson, Daniel Johansson // Master of Science Thesis. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2008. Regime of access: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/68101.pdf>.
4. Група компаній ІСК Group [Електронний ресурс]: Олієжирова галузь. Технологія гранулювання перед екстракцією. Режим доступу: <https://ick.ua/industries/olijno-zhyrova/>.
5. Bortone E. Matching product to cooling process [Electronic resource]. Regime of access: [https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/3-12\\_Matching\\_product\\_to\\_cooling\\_process.pdf](https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/3-12_Matching_product_to_cooling_process.pdf).
6. Юхименко М. П. Конвективне охолодження гранульованих та зернистих матеріалів: монографія / М. П. Юхименко, Р. О. Острога, Й. Боцко. Суми: Університетська книга, 2021.
7. Масліков М. О. Система охолодження крупки перед подаванням до екстрактора / М. О. Масліков, М. М. Масліков // Наукові праці УДУХТ. 2001. №10. С. 29—30.
8. Масликов В. А. Примеры расчетов оборудования производства растительных масел. М.: Пищепромиздат, 1967.
9. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник в 4-х томах. / Под общей ред. А. В. Клименка и В. М. Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2001.
10. Справочник по теплоснабжению и вентиляции: Книга 2. К: Будівельник, 1976.
11. Візерський, В. А. Розроблення методу та схеми охолодження соняшникової крупки для ЗАТ «Пологівський ОЕЗ»: кваліфікаційна робота ... магістра: 144 Теплоенергетика / В. А. Візерський; наук. керівник М. О. Масліков. Київ, 2021. 87 с. URI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/35744>.