



УДК [635.655+664.38].002.35

О.І.ГАПОНЮК, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри технологічного обладнання зернових виробництв,  
О.В. АЛЕКСАШИН, канд. техн. наук, доцент, М.І. ВІЛЬЧИК, студент, С.В. КОЛОСОВСЬКИЙ, студент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ КОМБІКОРМІВ

В даній статті розглянуті шляхи забезпечення необхідної якості гранульованого комбікорму при його охолодженні, зменшення енергетичних витрат. Наведено основні параметри, які суттєво впливають на процес охолодження гранул комбікорму після просіювання, показані причини виникнення недоліків при отриманні готового продукту. Розглянуто принципи розподілу повітряних потоків при охолодженні гранул в охолоджувальних колонках, виділені критерії для їх порівняльної характеристики. На підставі експериментальних досліджень виконані розрахунки оптимальної температури повітряного потоку спрямованого на охолодження гранул, визначені енергетичні характеристики процесу охолодження, наведено рекомендації технічної реалізації забезпечення необхідної якості готового продукту. Показано, що величину витрати повітря, що подається в охолоджувальну колонку для охолодження гранул можна істотно зменшити, забезпечити стабілізацію температури повітря на певному рівні. При цьому, недостатнє охолодження призводить до появи мікротріщин на поверхні гранул, що знижує їхню твердість, збільшує вміст пилу, сприяє конденсації вологи, що призводить до появи бактерій, цвілі і виникненню процесів гниття. Крім цього, на якість гранул впливають сили тертя в середині охолоджувача, а також діючі напруження зсуву, які виникають при роботі розвантажувального пристрою. Приведені схеми руху повітря для охолодження. Розглядаючи охолоджувачі з перехресним потоком повітря відзначено збільшення його витрат на охолодження гранул для забезпечення їхньої кінцевої температури. В протиточкових охолоджувачах потрібна менша витрата повітря для охолодження, але різниця між початковою і кінцевою температурою продукту незначна. Зміна температури гранул відбувається в прямо пропорційній залежності, а зміна вологості відбувається при менших швидкостях повітряного потоку. Враховуючи проведені дослідження, а також у залежності від типу охолоджувальної колонки та технологічної лінії гранулювання комбікормів, запропоновано ряд рекомендацій по застосуванню засобів клімат-контролю, запропоновані шляхи автоматичного управління процесом охолодження гранул.

**Ключові слова:** охолоджувальна колонка, гранульований комбікорм, температура повітря, режим охолодження.

### 1. Загальна постановка задачі дослідження.

На процес охолодження гранул після пресування, в основному, впливають такі параметри:

- температура повітря, використовуваного для охолодження;
- вміст жиру в гранулах;
- вологість охолоджуваного повітря.

При цьому, температура гранул після охолодження залежить від температури охолоджуючого повітря, що забирається з приміщення, в якому встановлений охолоджувач [1].

В залежності від кількості яка додається у гранули жиру в процесі охолодження потрібен великий розхід охолоджуючого повітря і збільшення часу охолодження.

Недостатнє охолодження призводить до появи мікротріщин на поверхні гранул, що знижує їх твердість, збільшує вміст пилу, сприяє конденсації вологи, що приводить до появи бактерій, цвілі і виникненні процесів гниття.

У середині охолоджувача на якість гранул впливають такі чинники:

- взаємодія гранул один з одним з урахуванням взаємного тертя;
- зовнішні сили (діючі напруги зсуву), що виникають при роботі розвантажувального пристрою охолоджувача.

Застосовувані в комбікормовій промисловості охолоджувачі залежно від напрямку руху охолоджуючого повітря бувають наступні [2]:

- з перехресним потоком охолоджуючого повітря (рис. 1.1);

- проти точні (рис. 1.2).

Якщо порівняти зазначені принципи охолодження, то доцільно виділити наступні критерії:

- витрата охолоджуючого повітря;
- різниця температур продукту і охолоджуючого повітря;
- потік охолоджуваних гранул.

Розглядаючи охолоджувачі з перехресним потоком охолоджуючого повітря, слід зазначити збільшення витрати подаючого для охолодження гранул повітря для забезпечення кінцевої температури. У протиточних охолоджувачах потрібна менша витрата охолоджуючого повітря, однак різниця між початковою і кінцевою температурою продукту незначна. При цьому зміні температури гранул виникає в прямо пропорційній залежності, а зміни вологості виникає при менших швидкостях повітряного потоку.

З урахуванням того, що у вітчизняній комбікормовій промисловості застосовуються, в основному, охолоджувачі з перехресним потоком охолоджуючого повітря, доцільно визначити його оптимальні параметри.

### 2. Експериментальні дослідження.

Завдання досліджень сформульована як забезпечення мінімуму енергетичних витрат при необхідній якості гранул (розкришуваність, вологість) в процесі їх охолодження.

На підставі проведених експериментальних робіт, виконаних в умовах Київського комбікормового заводу [2], сформульовані наступні напрямки:

- визначення температурного режиму охолод-

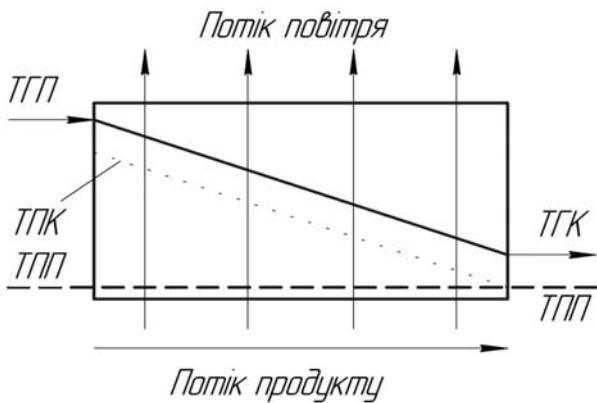


Рис. 1 - Принцип роботи охолоджувача з перехресним потоками охолоджуючого повітря:

ТГП — температура гранул початкова;  
 ТПК — температура повітря початкова;  
 ТПП — температура повітря кінцева;  
 ТГК — температура гранул кінцева

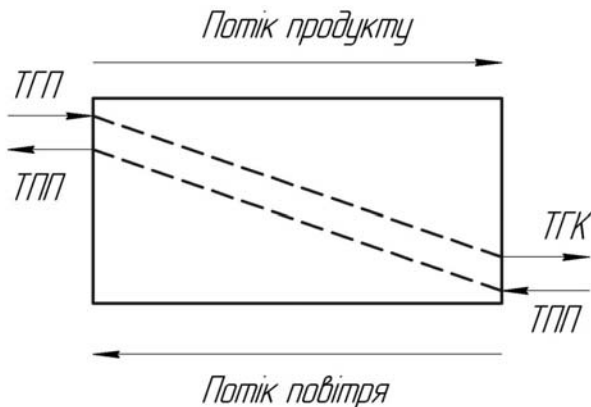


Рис. 2 - Принцип роботи протиточного охолоджувача

ТГП — температура гранул початкова;  
 ТПП — температура повітря початкова;  
 ТПК — температура повітря кінцева;  
 ТГК — температура гранул кінцева

жуючого повітря гранульованого комбікорму;

- визначення площі поверхні гранул для відводу тепла;
- визначення часу знаходження (експозиції) гранул в охолоджувальній колонці.

За першим напрямком задачею розрахунку є визначення значень температури повітря, що подається в охолоджувач, з урахуванням того, що температура готового продукту не повинна перевищувати температури навколишнього середовища більше ніж на 10<sup>0</sup>С.

Продуктивність охолоджувача по сухій речовині становить:

$$P_{жс} = \frac{P_{гк}(100 - W_{гк})}{100},$$

де: P<sub>гк</sub> — продуктивність охолоджувача по готовому продукту, кг/с;

W<sub>гк</sub> — вологість гранул, кінцева, %.

Продуктивність охолоджувальної колонки за питомою вологою:

$$P_{кв} = P_{кк} - P_{кг},$$

Затрати енергії, необхідних для охолодження гранул:

$$N_{охл} = P_{кк} C_{кк} (t_{кк} - t),$$

де: C<sub>кк</sub> — теплоємність сухої маси гранул в одному кілограмі,  $\frac{кДж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;

$$C_{кк} = \frac{C_{гв}}{V_{вк}},$$

t<sub>кк</sub> — температура гранул, що подаються з пресу-гранулятора, °С;

t<sub>гк</sub> — кінцева температура гранул після охолодження

Затрати енергії, необхідні для видалення вологи:

$$N_{уд} = r P_{кв},$$

де: r — прихована теплота пароутворення вологи, Дж/кг;

Затрати енергії, необхідні для відведення повітря:

$$N_{в} = N_{охл} - N_{уд},$$

При встановленому вентиляторі певної продуктивності, температура повітря, подаваного для охолодження, необхідного для забезпечення технологічних умов складе:

$$t_{вн} = \frac{t_в}{3600 C_в V_в S_в},$$

де: V<sub>в</sub> — продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/год.

t<sub>в</sub> — температура повітря в приміщенні, °С,

C<sub>в</sub> — теплоємність повітря кДж/кг·к<sup>2</sup>, рівна 1,0.

Якщо забір повітря здійснюється з приміщення, в якому знаходиться охолоджувальна колонка і температура повітря при цьому вище ніж t<sub>вн</sub>, то необхідного охолодження гранул не відбувається.

Якщо температуру яка подається в охолоджувальну колонку повітря встановити на рівні, наприклад 10 °С, то його витрату можна зменшити приблизно в два рази:

$$V_в = \frac{N_в}{C_в(t_в - t_{вн})},$$

Таким чином, для забезпечення необхідної температури готового продукту, температуру повітря, що подається в охолоджувальну колонку необхідно підтримувати на певному рівні.



Що стосується визначення площі поверхні гранул для відводу тепла та експозиції їх охолодження, то дані напрямки залежать від конструктивних особливостей охолоджувальних колонок і можуть бути розглянуті в окремих конкретних випадках.

### 3. Висновки і рекомендації.

Згідно з наведеними розрахунками визначені наступні шляхи модернізації процесу охолодження гранул комбікорму:

- температура повітря, що подається в охолоджувальну колонку, повинна відповідати певному значенню (15 – 16)°С;

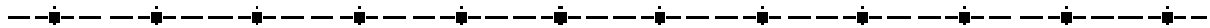
- витрата повітря для охолодження гранул можна значно зменшити (приблизно до 30%), що приведе до скорочення витрат на електроенергію на 18-20%;

- залежно від типу охолоджувальної колонки, застосовуваної у відповідній лінії гранулювання комбікормів, можна запропонувати одну з установок клімат-контролю фірми RHOSS [3] та обладнання[4];

- мінімально необхідний контроль температури потрібно здійснювати у двох точках - на вході подачі повітря в охолоджувальну колонку і на виході готових гранул і відповідно управляти системою охолодження в автоматичному режимі.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції.*-Міністерство АПК України, Київ, 1998, 202 стор.
2. *Разработка системы контроля и управления теплом – и влажосъемом гранулированного комбикорма в процессе его охлаждения: Отчет о НИР / ОГАПТ им. М.В. Ломоносова. – Научный руководитель д.т.н., профессор Дмитрук Е.А. Одесса, - 1996.– 64с.*
3. *RHOSS CLIMA EVOLUTION.* – [www.rhoss.com](http://www.rhoss.com) .
4. *ОАО “Докон”.* – Домодедовский машиностроительный завод “Кондиционер” <http://www.docon.ru>, E-mail: [mail@donor.ru](mailto:mail@donor.ru) .



УДК [635.655+664.38].002.35

**O.I. GAPONUYSK, D. Sc., Professor, O.V. ALEKSASHIN, PhD. Science, Associate Professor  
M.I. VILCHIK, S.B. KOLOSOVSKIY**

*Odessa National Academy of Food Technologies*

### OPTIMIZATION OF COOLING GRANULAR FODDER

*This article discusses ways to ensure the necessary quality granulated feed during its cooling, reducing energy costs. The main parameters that significantly affect the cooling process after the screening of feed pellets, shows the causes of deficiencies in the delivery of the finished product consideration of the principle of distribution of air flow during cooling granules in the cooling tower, marked signs for their comparative performance. On the basis of experimental studies made calculations optimal airflow temperature aimed at cooling the pellets, determined the energy characteristics of the cooling process, provides guidance to ensure the technical realization of the desired quality of the finished product. It is shown that the flow rate of air supplied to the pooling tower to cool the granules can be substantially reduced to stabilize the temperature of the air at a certain level. Thus, insufficient cooling leads to the appearance of microcracks on the surface of the granules, which reduces their hardness increases the amount of dust, promotes the condensation of moisture, which leads to the emergence of bacteria, mold and rot. In addition, the friction force inside the cooler affects the quality of the pellets, as well as the existing shear stress occurring during operation of the discharge device. Shown diagrams illustrating the movement of cooling air. Considering coolers with crossflow cooling air marked increase its flow rate for cooling the granules to provide the final temperature. In counterflow coolers require a smaller amount of cooling air, but the difference between the initial and final temperature of the product is low. Changing the temperature of the pellets takes place in a direct proportional relationship, and the change of humidity occurs at lower air flow velocities .*

**Keywords:** *cooling granular feed column, the air temperature, the cooling mode.*

### REFERENCES

1. *Rules of organization and conduct of the process of production of animal feed produktiyi.*-Ministry of agriculture of Ukraine, Kyiv, 1998, 202 p.
2. *Development of systems of control and management of heat - and vlahosъem hranulyrovannoho komybkorma ego in the process cooling: Otchet at NYR / OSAFT. University. - Nauchny Leader Ph.D., Professor E.A. Dmitruk. Odessa - 1996.- 64 p.*
3. *RHOSS CLIMA EVOLUTION.* – [www.rhoss.com](http://www.rhoss.com) .
4. <http://www.docon.ru>, E-mail: [mail@donor.ru](mailto:mail@donor.ru).

Надійшла 23.05.2014

Адреса для переписки:

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

