

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАТРИЦІ ШНЕКОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЦУКЕРКОВИХ ВИРОБІВ

Самойчук К.О., к.т.н.,¹

Котенко В.І., к.т.н.,

Іванова В.В., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – у статті проаналізовані типові конструкції машин для формування цукерок, представлені аналітичні вирази для розрахунку енерговитрат машини, розроблена конструкція формуючої матриці, яка дозволяє покращити якість готових виробів, проведені експериментальні дослідження на лабораторній установці вдосконаленої машини.

Ключові слова – формуюча матриця, цукерки, випресовування, дослідження, кондитерські вироби, шнек.

Постановка проблеми. Кондитерське виробництво є сьогодні одним з найважливіших складових харчової промисловості, так як частка валового доходу кондитерських підприємств за оцінками деяких експертів становить близько 10 % усього прибутку. Незважаючи на те, що останнім часом збільшення обсягів виробництва кондитерської продукції відбувалося швидкими темпами, основною проблемою у кондитерській галузі залишається зниження собівартості продукції [1]. Причому за останні роки відчувається зниження темпів зростання виробництва даної продукції і погіршення її якості. Тому будь-яке підприємство прагне до можливості зменшення собівартості, підвищення прибутковості, яке можливо досягти зменшенням відсотку бракованих виробів. А вдосконалення машин для формування цукеркових виробів, яке дозволяє покращити якість готових виробів – є важливою задачею кондитерської промисловості України [2].

Аналіз останніх досліджень. Якість цукеркових виробів найбільшим чином визначають машини для формування цукеркової маси. Основними характеристиками, що впливають на вибір методу формування, є тиксотропні властивості формованих мас і в'язкість маси. Залежно від виду цукерок, їх консистенції і рецептурного складу в даний час на кондитерських підприємствах цукеркові маси формуються виливкою, розмазуванням у вигляді пласта з наступною різкою, прокаткою і різкою, відсадкою і випресовуванням.

Найбільш продуктивним способом формування є виливка цукеркових мас у відштамповані в крохмалі форми. Формування виливкою відрізняється тривалістю технологічного процесу, великою тепло- і енергоємністю, вимагає

великих виробничих площ і виконання спеціальних вимог для підтримки високого санітарного стану виробництва. Цей спосіб має ряд недоліків, серед яких можна відзначити наступні: подорожчання продукції із-за застосування як формувального матеріалу крохмалю і рослинної олії, погіршення якості цукерок внаслідок прилипання крохмалю до корпусів, збільшення браку продукції через осипання крохмальних осередків.

Формування розмазуванням у пласт з подальшим різанням є найбільш старим методом і включає у себе наступні операції [3]: формування цукеркових пластів на розмазувальному конвеєрі з салазками або валковими живильниками, вистоювання пластів після розмазки і їх різання. Недоліком цього методу є те, що цукерки можна отримувати тільки прямокутної форми, а також цей спосіб виробництва супроводжується значними відходами при різанні пласта і вимагає великих площ для вистоювання заготовок цукерок.

Метод формування випресовуванням порівняно з іншими методами володіє рядом переваг: можливістю проведення неперервного формування, отримання різних за формою і розмірами цукерок, зменшення до мінімуму зворотних відходів; можливість формування при температурах цукеркових мас 24-30° С, що дозволяє не застосовувати громіздких охолоджуючих камер і скорочує технологічний цикл; більша порівняно з іншими способами формування продуктивність; гігієнічність; виключення крохмалю як формувального матеріалу; ліквідація низки операцій з орієнтування корпусів цукерок при надходженні їх на наступні стадії; стабільність розмірів виробів; підвищення техніко-економічних показників виробництва. Але і цей спосіб має недолік: внаслідок різних тисків у отворів матриці швидкість виходу джгутів з отворів неоднакова, внаслідок чого знижується якість готових виробів.

Таким чином, розглянута в науково-дослідній роботі проблема вдосконалення випресовуючої машини для формування цукеркових виробів є досить актуальною.

Однією з найрозповсюдженіших в Україні є формуюча машина МБФ-1, в якій цукеркова маса відповідної консистенції завантажується у конічну завантажувальну воронку, з якої направляється у нагнітаючий пристрій. Цей пристрій переміщає і випресовує масу через насадки матриць у вигляді нескінченних джгутів, але погіршення якості готових виробів у цій машині передусім пов'язане з нерівномірністю тиску за перерізом отворів.

Виходячи з поля розподілу швидкості за поперечним перетином на виході формуючої матриці, ефективним шляхом зниження нерівномірності швидкості є розташування по колу торцевої частини матриці отворів з трубками для виходу сформованої цукеркової маси, що і приведе до покращення якості виробів [4].

Формулювання мети та задач дослідження. Мета досліджень полягає в удосконаленні формуючої машини шляхом зміни конструкції її формуючої матриці.

Для здійснення поставленої задачі вирішуємо такі завдання :

- обґрунтувати конструкцію формуючої матриці, яка дозволяє знизити нерівномірність тиску за перерізом отворів;
- аналітично дослідити енерговитрати машини з розробленою матрицею;
- виготовити лабораторну установку та провести експериментальні дослідження процесу формування.

Основна частина. Текучість цукеркових мас каналами формуючих матриць супроводжується на початковій ділянці каналу трансформацією епюри швидкостей від прямокутної форми до форми, що відповідає встановленому режиму течії. Причому процес формування потоку матеріалу, що проходить через канал, залежить від умов входу в нього, тобто від форми вхідного перетину (рис. 1). Великі деформації, що виникають у матеріалі поблизу вхідного перерізу каналу, призводять до нестійкого закінчення потоку матеріалу, який супроводжується дефектами на поверхні матеріалу (рис. 2), а в ряді випадків і руйнуванням структури матеріалу (в наслідок великих деформацій), для відновлення якої потрібно створення спеціальних умов (вистойці в охолоджуючих камерах при певній температурі).

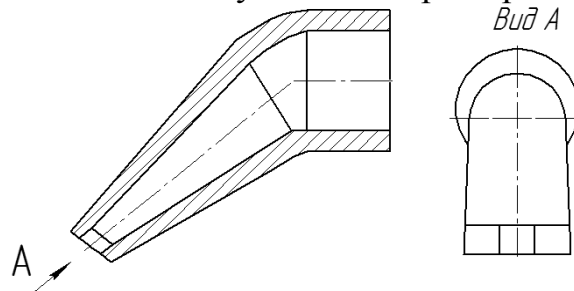


Рис. 1. Схема формуючої матриці-прототипа.

Одним із критеріїв ефективності вдосконалення є енерговитрати, тому розрахуємо енерговитрати з вдосконаленою матрицею і порівняємо з прототипом.

Для визначення енерговитрат проаналізуємо залежності для визначення потужності формуючої машини [5,6].



Рис. 2. Нерівномірність виходу джгутів та неякісна поверхня виробів.

Розрахункова потужність, яка необхідна для виконання роботи, визначається за формулою

$$N_p = M \cdot \omega \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де M – момент опору сировини, Н·м;

$$M = \frac{2}{3} \cdot P \cdot \pi \cdot f \cdot (R_u^3 \cdot R_g^3), \quad (2)$$

де P – тиск на виході з матриці, Па;

$P=3,1 \cdot 10^5$ - для прототипу;

$P=3,5 \cdot 10^5$ - для вдосконаленої

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0,4$;

ω - кутова швидкість обертання шнека, об/хв.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad (3)$$

де n – частота обертання шнека.

Таким чином, на енерговитрати формуючої машини впливають такі параметри: частота обертання шнека, коефіцієнт тертя, діаметр шнека та вала шнека.

Розглянемо можливість зменшення кожного з цих параметрів і їх вплив на питомі енерговитрати машини [7].

Діаметр шнека та вала шнека, крім енерговитрат, впливає на ємність корпусу, і, як наслідок на продуктивність. Таким чином, при зменшенні діаметра шнека зменшуються енерговитрати та продуктивність, а питомі енерговитрати не будуть зменшуватись.

При зменшенні частоти обертання шнека зменшується продуктивність – що ми не маємо на меті.

Коефіцієнт тертя – показник, що залежить від виду наповнювача. Змінити його неможливо, тому що, наприклад, шоколадні цукерки завжди мають шоколадну основу.

Єдиний параметр, за рахунок якого ми можемо покращити якість готових виробів – це тиск на виході з матриці. Для того, щоб вплинути на значення цього параметра формуючої насадки, не змінюючи конструкцію всієї машини, пропонується змінити конструкцію матриці.

Для зменшення нерівномірності швидкостей випресування пропонуємо по колу торцевої частини матриці розташувати отвори з трубками для виходу сформованої цукеркової маси. Вдосконалена матриця дозволяє отримати постійну швидкість за перерізом вихідних трубок, що підвищує якість готових виробів.

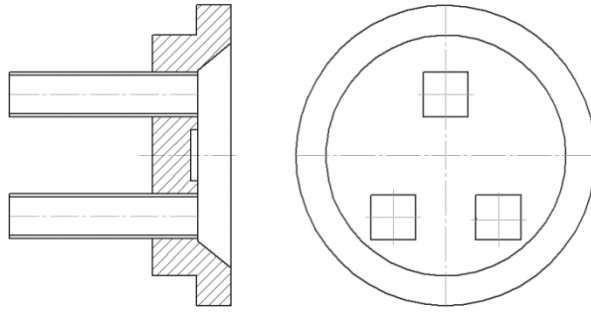


Рис.3. Схема вдосконаленої формуючої матриці.

На рис. 3 показано, що формуюча матриця має три отвори з трубками для виходу цукеркової маси. Цукеркова маса випресовується через трубки, внаслідок чого отримуємо постійну швидкість при виході маси та якісну поверхню виробів, що підвищить вихід більш якісного продукту та дозволить збільшити попит на продукцію.



Рис. 4. Виріб, виконаний вдосконаленою матрицею.

Розрахуємо енерговитрати на формування виробів у машині з вдосконаленою матрицею.

Визначаємо момент опору сировини за формулою (2)

$$M_n = \frac{2}{3} \cdot 3,5 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot (0,0215^3 \cdot 0,01^3) = 2,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаходимо кутову швидкість обертання шнека за формулою (3)

$$\omega_n = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,5 \text{ об/хв};$$

і визначаємо потужність, яка потрібна для виконання роботи за формулою (1)

$$N_n = 2,9 \cdot 10,5 \cdot 10^{-3} = 0,032 \text{ кВт}.$$

Здійснивши аналогічний розрахунок для прототипу та вдосконаленої машини, отримані значення заносимо в таблицю 1.

Таблиця 1 – Розрахункова потужність, яка необхідна для виконання роботи

Показники потужності	Насадка-прототип N, кВт	Вдосконалена матриця N, кВт
при n = 100 об/хв	0,024	0,027
при n = 120 об/хв	0,029	0,032

За даними з таблиці ми бачимо, що при використанні вдосконаленої матриці витрати потужності підвищуються на 10-12%. Для поточно-технологічної лінії виробництва цукерок така величина не є істотною і, можливо, буде окупатися за рахунок підвищення якості.

На базі кафедри ОПХВ ТДАТУ розроблена формуюча матриця, що використовується для виробництва кондитерських виробів у лінії виробництва цукерок (рис. 5).

Робоча частина машини складається з механізмів подачі цукеркової маси та формуючої матриці. На початку роботи в ручному режимі за допомогою оператора маса подається у вузол подачі сировини 1, за допомогою шнека вона транспортується до виходу. Через формуючу матрицю 2 і трубки 3 джгути випресовуються на транспортер.

У процесі експериментальних досліджень було визначено якість готових виробів, тому будуємо гістограму залежності якості продукції від частоти обертання шнека (рис. 6). За ГОСТ Р 53041-2008 «Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства» якість кондитерських виробів визначається у балах, тому для порівняння продукції, виготовленої насадкою-прототипом і вдосконаленою насадкою, використовуємо бальну оцінку (мінімальна кількість балів 1, максимальна 5).

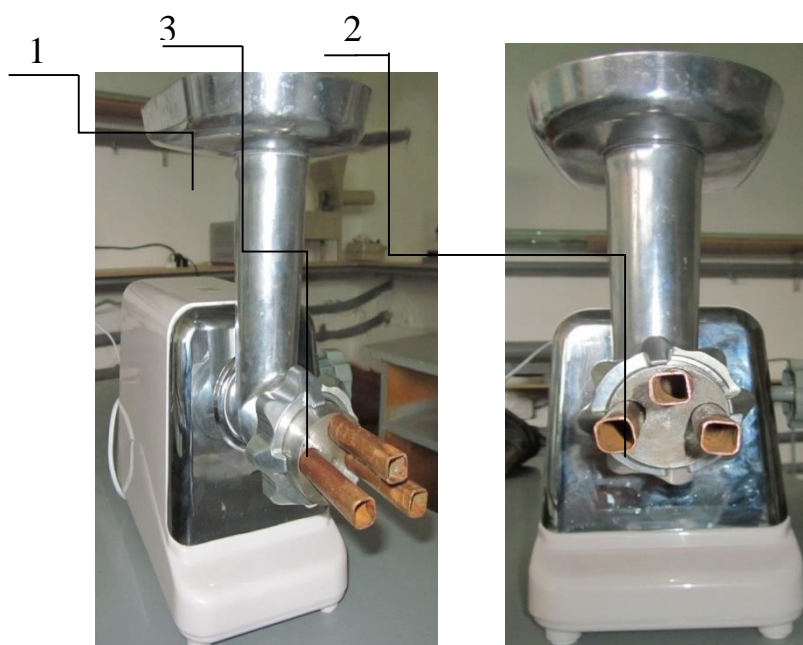


Рис. 5. Модель шнекової машини для формування цукерок:

1 – вузол подачі цукеркової маси; 2 – формуюча матриця; 3- трубки для виходу джгутів.

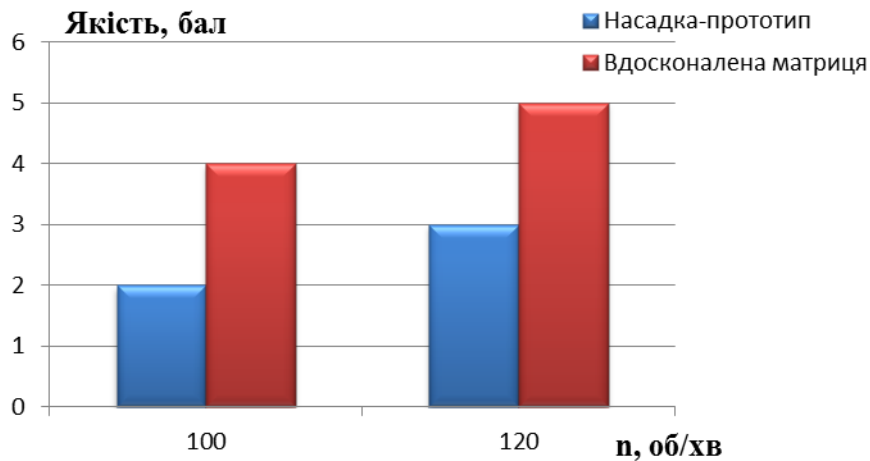


Рис. 6. Гістограма залежності якості продукції від частоти обертання шнека.

Якість готових виробів краща у вдосконаленій матриці, яка дорівнює при $n_v = 100$ об/хв – 5 балів, а при $n_v = 120$ об/хв – 4,5 балів. Достатня якість поверхні цукерок знаходиться у межах 4,5-5,0 балів. З одержаних даних бачимо, що при частоті обертання 120 об/хв вдосконалена насадка забезпечує якість на рівні насадки-прототипа при частоті обертання 100 об/хв. Оскільки продуктивність машин шнекового типу прямо пропорційна частоті обертання шнеку, продуктивність машини з вдосконаленою насадкою можна підвищити на 20% без зниження якості готових виробів.

У процесі експериментальних досліджень була визначена потужність, необхідна для виготовлення цукеркових виробів з насадкою-прототипом і вдосконаленою матрицею.

За результатами розрахунків будемо графік залежності витраченої потужності (N, кВт) від режиму роботи (рис. 7).

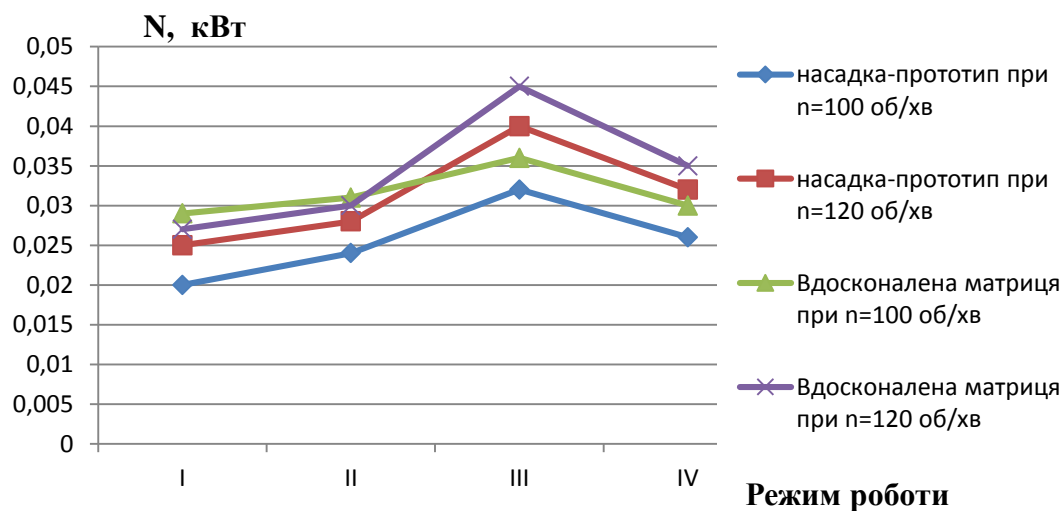


Рис. 7. Графік залежності витраченої потужності від режиму роботи.

У результаті проведених експериментальних досліджень отримані значення витрат потужності, необхідної для формування цукерок. Їх значення у робочому режимі склали: для насадки-прототипа при $n=100$ об/хв $N_n=0,026$ кВт, при $n=120$ об/хв $N_n=0,032$ кВт, а для вдосконаленої матриці при $n=100$ об/хв $N_g=0,030$ кВт, при $n=120$ об/хв $N_g=0,035$ кВт, що незначно відрізняються від розрахованих теоретично значень потужності.

У результаті проведених експериментальних досліджень отримані значення витрат потужності, необхідної для виготовлення цукерок. Їх значення у робочому режимі склали: для насадки-прототипа $N_n=1,1$ кВт, для вдосконаленої матриці $N_g=0,8$ кВт, а теоретична $N_T=0,032$ кВт, тобто незначно відрізняється від значень, які одержали теоретичним шляхом.

Висновки. Розроблена матриця дає можливість при незначному підвищенні енерговитрат підвищити продуктивність і якість готових виробів. Таке вдосконалення потребує невеликих коштів і може бути впроваджене на будь-якому переробному підприємстві або підприємстві громадського харчування і дозволить підвищити продуктивність праці та знизити собівартість виготовленої продукції.

Література:

1. Драгилев А.И. Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства / А.И. Драгилев, Я.М.Сезанаев. – М.: Колос, 2000. – 496с.
2. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман - М.: Лег и пищ. пром-сть, 1984. - 416 с.
3. Маршалкин Г.А. Технология кондитерских изделий / Г. А. Маршалкин и др.-М.:Пищ пром-сть, 1979. - 446 с.
4. Зайцев И.В. Технологическое оборудование кондитерских фабрик / И.В. Зайцев. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. - 448 с.
5. Маршалкин Г.А. Технологическое оборудование кондитерских фабрик / Г.А. Маршалкин -М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. - 448 с.
6. Лунин О.Г. Технологическое оборудование предприятий кондитерской промышленности / О. Г. Лунин, А. Я.Черноиванник - М. : Пищ. пром-сть, 1975 – 343 с.
7. Сигал М.Н. Оборудование предприятий пищевой промышленности / Сигал М. Н. - М.: пищ. пром-сть; 1978. - 442 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАТРИЦЫ ШНЕКОВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНФЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Самойчук К.О., Котенко В.И., Иванова В.В.

Аннотация - в статье проанализированы типовые конструкции машин для формирования конфет, представлены аналитические выражения для расчета энергозатрат машины, разработана конструкция

формуемой матрицы, которая позволяет улучшить качество готовых изделий, проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке усовершенствованной машины.

IMPROVE THE DESIGN OF THE MATRIX SCREW MACHINE FOR FORMING OF CANDY PRODUCTS

K. Samoichuk, V. Kotenko, V. Ivanova

Summary

In the article analyses the typical construction of machines for the formation of sweets, presents analytical expressions for calculation of energy consumption of the machine, developed by the design of the moulding matrix, which allows to improve quality of finished products, carried out experimental research in the laboratory installation of advanced machines.