

УДК 679.05

О. А. СТАРОДУБ

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ ШНЕКІВ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОМ'ЯСОРУБОК

В результаті виконаних досліджень запропоновані рівняння для обґрунтованого визначення геометричних розмірів шнека, експериментально визначений тиск в продукті на виході з м'ясорубки. Проведені дослідження дають можливість отримувати шнеки, які забезпечують плавне наростання тиску продукту вздовж шнека, що, в свою чергу, створює умови для вирівнювання завантаження приводу в процесі роботи електром'ясорубки.

Ключові слова: шнек, тиск продукту, електром'ясорубка, геометричні розміри.

Шнековий пристрій побутової м'ясорубки складається з шнека, як правило, однозахідного, та корпусу, в якому цей шнек розміщений. Призначення шнекового пристрою полягає в подачі м'яса до різального пристрою в стисненому стані.

Різання продукту здійснюється на виході з корпусу м'ясорубки ножом, насадженим на вихідний кінець шнека. Ніж має зазвичай чотири леза, що подрібнюють продукт по способу ножиць завдяки роботі в парі з ножовою решіткою, яка виконує роль нерухомого ножа.

Продуктивність шнекової м'ясорубки, що визначається подавальним (шнековим) пристроєм, впливатиме на степінь подрібнення продукту. Степінь подрібнення окремо не регламентована стандартом, тому можна прийняти, що тиск, створюваний шнеком на виході з корпусу має протиснути м'ясо в отвори решітки на її товщину.

Проведені експерименти показали, що для забезпечення протискання м'яса в отвори решітки на вказану глибину тиск в зоні різання має складати $2,5 \div 3,0$ кПа. Поступового наростання тиску в продукті, по мірі його переміщення від завантажувального бункера до решітки, досягають поступовим зменшенням міжвиткового простору шнека.

Об'єкти та методи дослідження

В переважній більшості побутових електром'ясорубок використовуються шнеки зі змінними кроком та глибиною гвинтової канавки.

Зазвичай шнеки мають незначну конусність конічних поверхонь, утворених зовнішнім та внутрішнім діаметрами витків шнека. Причому, зовнішній конус має меншу конусність, ніж внутрішній, що додатково збільшує тиск у продукті.

Для плавної роботи приводу електром'ясорубки потрібно, на наш погляд, створити умови для поступового, без коливань наростання тиску продукту в міжвитковому просторі шнека. А для цього, зрозуміло, об'єм міжвиткового простору має зменшуватись по довжині гвинтової канавки монотонно.

Постановка завдання

Як показав аналіз, об'єм міжвиткового простору гвинтової канавки обстежених нами шнеків змінюється вкрай нерівномірно (рис.1), що має приводити до відповідного нерівномірного завантаження приводу.

Тому, очевидно, необхідно запропонувати таку схему розрахунку та конструювання шнеків побутових електром'ясорубок, яка б усунула вищезгадані недоліки.

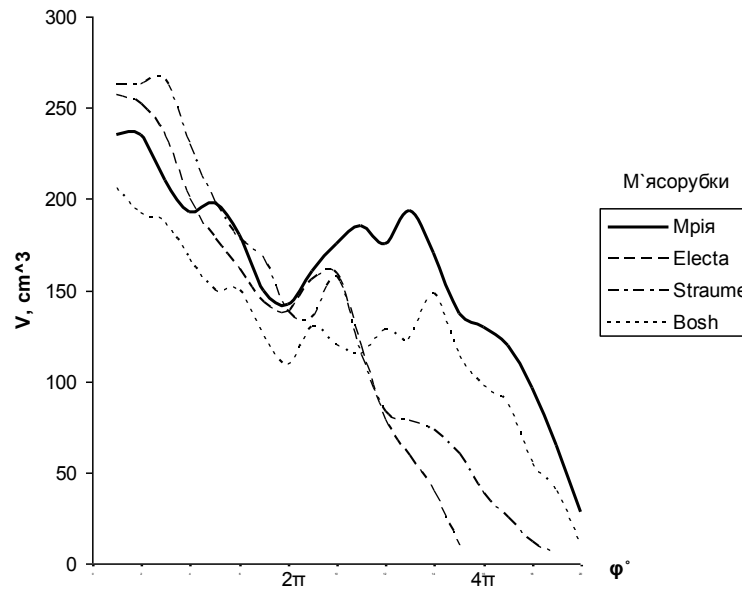


Рис. 1. Графік зміни об'єму міжвиткового простору вздовж розгортки гвинтової канавки шнеків
(V – погонний об'єм міжвиткового простору гвинтової канавки, ϕ° – поточний кут розгортки
гвинтової канавки)

Результати та їх обговорення

Якщо розгорнути в площині гвинтову канавку шнека, наприклад, електром'ясорубки «Elekta» (рис. 2, *a*) або електром'ясорубки «Мрія» (рис.2, *б*), то видно, що ширина гвинтової канавки, особливо у шнека «Мрії» змінюється по довжині вкрай нерівномірно, що призводить до коливань об'єму міжвиткового простору. Вказане є причиною коливань тиску на поверхню витків та, відповідно, до коливань навантаження приводу.

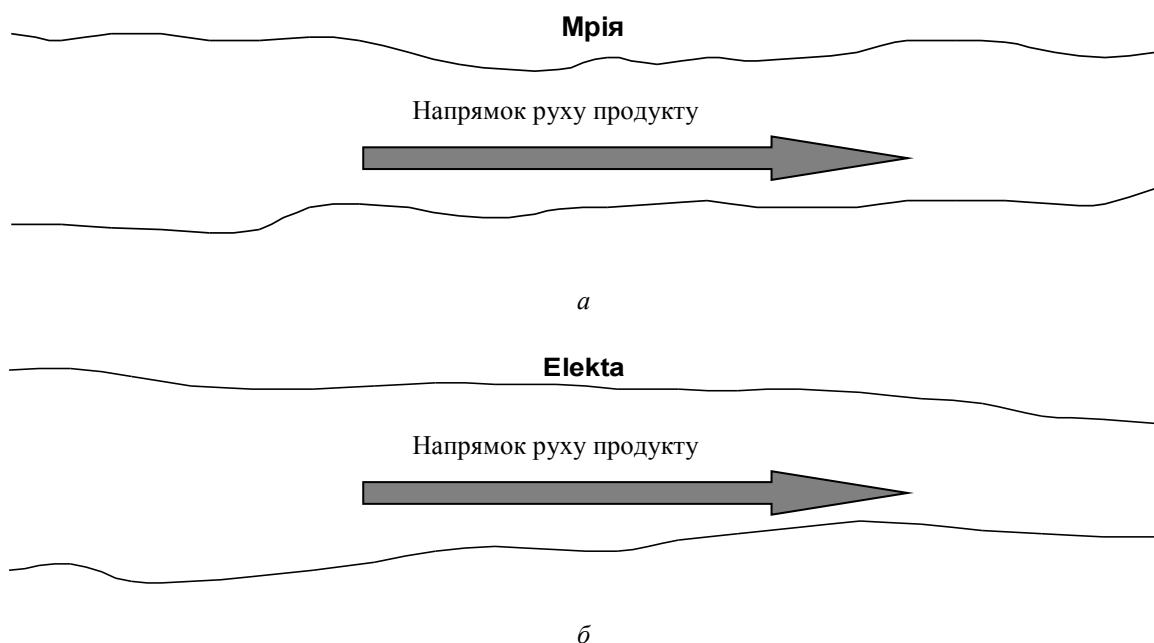


Рис. 2. Зміна ширини розгорнутої гвинтової канавки:
a – шнека м'ясорубки «Мрія»; *б* – шнека м'ясорубки «Elekta»

Як було сказано вище, глибина гвинтової канавки вздовж її довжини зменшується. Це приводить до додаткового зменшення об'єму міжвиткового простору і, відповідно, до подальшого зростання тиску в продукті, що рухається вздовж міжвиткового каналу. З метою спрощення попередніх розрахунків та зважаючи на незначну конусність шнека та осердя (різниця в діаметрах по краях шнека складає не більше 10%) конусністю знехтуємо. Таким чином, будемо вважати, що зростання тиску по довжині шнека спричинене лише зменшенням ширини міжвиткового простору. Конусність шнека та осердя, викликана, на наш погляд, конструктивними міркуваннями при розробці ножового блоку, спричинить подальше незначне зростання тиску в продукті.

При розрахунку шнека такі вихідні дані як продуктивність шнекового пристрою та частота обертів шнека дозволяють обґрунтовано визначити діаметри шнека та крок останнього витка. Фізико-механічні дані, зокрема, коефіцієнт тертя продукту по витках шнека, дає можливість визначитися з кутами підйому гвинтової лінії на початку та в кінці міжвиткового простору. Решта геометричних параметрів, як то: кількість витків, характер зміни кроку витків та кута підйому гвинтової лінії витків можуть вибиратися в залежності від регламентованого стандартом [1] коефіцієнта ущільнення шнека. Цей коефіцієнт залежить від співвідношення площ перетину гвинтової канавки в зоні завантаження та перед ножовою решіткою і має становити не менше $1,6 \div 2,5$.

Інтенсивність зменшення міжвиткового об'єму може бути заданою на підставі рекомендованих [2] значень кутів підйому гвинтової лінії на початку та в кінці робочої довжини шнека. Так, мінімальний кут підйому гвинтової лінії шнека на виході продукту пропонують приймати не менше 10° , максимальний, в зоні завантаження, біля 30° .

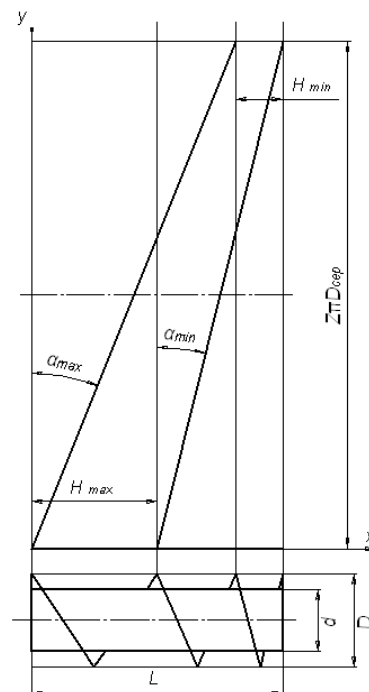


Рис. 3. Розгортка гвинтової канавки шнека м'ясорубки

Розглянемо шнек побутової електром'ясорубки. Вважаємо, що він циліндричний, бо як було обґрунтовано вище, його незначною конусністю на стадії попередніх розрахунків можна знехтувати. Розгорнемо міжвитковий канал в площині (рис.3). Для забезпечення плавного збільшення тиску по довжині міжвиткового каналу необхідна монотонна зміна ширини каналу. Незначна кривизна розгорнутих витків дозволяє спростити розрахунки, апроксимувавши криві прямими лініями. Тоді розгорнутий в площині гвинтовий канал має форму нерівнобічної трапеції з кутами нахилу бічних сторін α_{min} та α_{max} та основами H_{min}, H_{max} . Слід пояснити, що $\alpha_{min}, \alpha_{max}$, відповідно- кінцевий та початковий кути підйому гвинтової лінії витків шнека, а H_{min}, H_{max} -відповідно, кінцевий та початковий кроки витків. При обранні, на підставі регламентованого коефіцієнта ущільнення шнека, H_{max} та H_{min} та з конструкторської практики, перевіреної досвідом експлуатації шнекових пристроїв α_{max} та α_{min} можна, за допомогою рис.3, отримати рівняння для визначення необхідної кількості витків шнека:

$$z = \frac{H_{max} - H_{min}}{\pi D_{cp} (\operatorname{tg} \alpha_{max} - \operatorname{tg} \alpha_{min})} \quad (1)$$

де $D_{cp} = \frac{D + d}{2}$

Згодом можна отримати необхідну довжину робочої ділянки шнека:

$$L = H_{max} + z \pi D_{cp} \operatorname{tg} \alpha_{min} \quad (2)$$

На завершальній стадії конструювання шнекового пристрою необхідно отримати робоче креслення шнека, який може забезпечити рівномірне зменшення робочого перерізу гвинтової канавки шнека, тобто міжвиткового простору по довжині шнека. Цього можна досягти рівномірним зростанням кута підйому гвинтової лінії витків по довжині шнека, що представлено графіком зміни кута підйому по довжині шнека (рис.4).

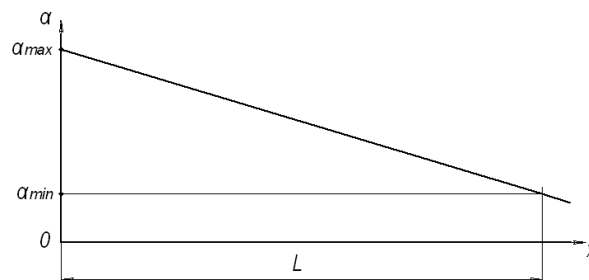


Рис. 4. Графік зміни кута підйому α гвинтової лінії шнека вздовж осі шнека

Як було зазначено вище, з досвіду проектування шнеків м'ясорубок кут α рекомендовано змінювати в межах $30^\circ - 10^\circ$. Аналітично лінійна залежність, представлена графіком на рис.4, може бути записана рівнянням:

$$a = kx + a_{max} \quad (3)$$

де $k = \operatorname{arctg} \frac{\alpha_{min} - \alpha_{max}}{L}$

Розгортка гвинтової лінії, що має змінний, відповідно до рівняння (3), кут підйому гвинтової лінії, буде мати вигляд кривої, рівняння якої (6), отримане інтегруванням залежності $dy = \operatorname{ctg} \alpha dx$

$$y = \frac{1}{k} \ln \sin(kx + \alpha_{\max}) + C \quad (4)$$

де C – постійна інтегрування, яка може бути визначена з крайових умов $y=0$ при $x=0$.

За таких умов

$$C = -\frac{1}{k} \ln \sin \alpha_{\max} \quad (5)$$

і остаточно, після підстановки рівняння (5) в (4), отримаємо:

$$y = \frac{1}{k} \ln \frac{\sin(kx + \alpha_{\max})}{\sin \alpha_{\max}} \quad (6)$$

Міжвитковий простір, тобто гвинтовий канал шнека, буде утворений розгортками сусідніх витків, тобто першим та другим, далі другим та третім і т.д. Якщо однією межею гвинтового каналу буде крива, представлена рівнянням (6), то другою буде крива, що описується рівнянням (4) з дещо іншою постійною інтегрування. Ця постійна інтегрування визначається з крайової умови $y=0$ при $x=H_{\max}$ і становить:

$$\tilde{C} = -\frac{1}{k} \ln \sin(kH_{\max} + \alpha_{\max}) \quad (7)$$

Тоді крива, що описує другу межу гвинтового каналу, буде представлена рівнянням:

$$\tilde{y} = \frac{1}{k} \ln \frac{\sin(kx + \alpha_{\max})}{\sin(kH_{\max} + \alpha_{\max})} \quad (8)$$

При профілюванні стінок гвинтового каналу кривими за рівняннями (6) та (8) ширина каналу вздовж шнека монотонно зменшується, що дозволяє отримати плавно зростаючий тиск на продукт.

Попри спрощення на стадії попереднього розрахунку, що стосується нехтування незначною конусністю шнека та його осердя, на стадії конструювання та розробки робочого креслення все ж необхідно створити конусність поверхні шнека та вала в межах 4° - 6° для забезпечення заданої продуктивності при різанні.

Висновки

Таким чином, виконані дослідження надають можливість визначити геометричні розміри шнека та розробити конструкцію, що може бути отриманою на верстатах з числовим програмним керуванням. В результаті забезпечується плавна робота електроприводу м'ясорубки, що оптимізує навантаження електромережі, Експериментально знайдений тиск в продукті на виході з м'ясорубки дозволяє обґрунтовано визначити необхідну потужність електроприводу та виконати його розрахунок.

Список використаної літератури

1. Межгосударственный стандарт. Электромясорубки бытовые., Технические условия. ГОСТ 20469-95. Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации.– Минск.: – 19 с.
2. Гордон Л.И. и др. Расчет и конструирование торгово-технологического оборудования, – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд, 1985. – 335 с.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2012

Принципы конструирования шнеков бытовых электромясорубок

Стародуб О.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В результате выполненных исследований были предложены уравнения для обоснованного определения геометрических размеров шнека, экспериментально определено давление в продукте на

выходе из мясорубки. Выполненные исследования дали возможность получать шнеки, которые обеспечивают плавное нарастание давления продукта вдоль шнека, что, в свою очередь создает условия для выравнивания нагрузки привода в процессе работы электромясорубки .

Ключевые слова: шнек, давление продукта, электромясорубка, геометрические размеры.

Principles of designing augers household electric meat grinders

Starodub O.

Kiev National University of Technologies and Design

As a result of the research an equation for determining reasonable geometric dimensions of screw was proposed; pressure in the product at the outlet of the electric meat grinder was experimentally determined. Past studies have made it possible to receive screws, which provide smooth pressure rise in the product along the screw, which in turn create the conditions for load balancing of the drive in the process of operation of the electric meat grinder and reasonably perform the calculation of the drive.

Keywords: screw, pressure product, chopper electro, geometric dimensions.