

К 621.86

*Я. І. Проць, П. С. Федорів, Ю. О. Цяпуга, В. В. Скоцилас**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМЕНЕВО-ФРИКЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ПОДАЧІ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ

Проводяться теоретичні дослідження статичних характеристик пристроїв подачі листового матеріалу за допомогою струменево-фрикційних елементів, основу роботи яких покладено принцип аеродинамічного ефекту притягання, створеного витічним із сопла струменем повітря. Визначаються силові параметри, які встановлюють оптимальні режими роботи та конструктивні параметри струменево-фрикційних живильників.

Листовий матеріал, струменево-фрикційні живильники, ефект притягання, струмінь повітря

Для поштучної подачі листової заготовки широко застосовуються вакуумні захоплювальні механізми [5]. Після захоплення листа за допомогою додаткових привідних механізмів виконується його переміщення до пристроїв транспортування. Вирівнювання листа в такому випадку виконується примусово в процесі транспортування спеціальними механізмами, що значною мірою знижує продуктивність робочих машин. Таке виконання живильних механізмів містить складну конструкцію, необхідні додаткові витрати енергоресурсів та часу. Для спрощення конструкції пристроїв подачі листового матеріалу та збільшення продуктивності роботи пропонується використання в живильниках поєднання фрикційних і струменевих елементів.

Дослідження методів подачі листових матеріалів проводили багато авторів [1, 4]. Аналіз принципу роботи струменевих елементів описано в працях [3, 6], однак питання конструктивних рішень для забезпечення раціональних силових характеристик для подачі листового матеріалу ще не достатньо обґрунтовані.

Метою роботи є дослідження силових характеристик струменево-фрикційних живильників із конічною щілиною для визначення їх оптимальних конструкційних параметрів.

В основу розроблених конструкцій струменевих пристроїв подачі листового матеріалу покладений ефект виникнення присмоктувальної дії, що виражається у взаємодії витічного з отвору малого діаметра струменя стиснутого повітря з обтічною плоскою поверхнею листа [6]. У результаті подачі до сопла 2 (рис. 1, а) стиснутого повітря постійного тиску, сформований отвором-соплом радіусом r_c і спрямований перпендикулярно площині поршня, струмінь повітря протікає в щілину h між торцями струменевого елемента і заготовки 3 зі швидкістю V_0 приблизно рівною місцевій швидкості звуку $V_{кр}$. Енергія рухомого суцільного кільцевого газового потоку, обумовлена повним

напором, що складається із суми п'єзометричного і динамічного напорів, спричиняє на торці струменевого елемента зниження тиску до величини нижче атмосферного, тобто

$$P_a \geq \Delta P + \frac{\rho V_1^2}{2}, \quad (1)$$

що сприяє при визначених конструктивних параметрах струменевих елементів появі аеродинамічного ефекту притягання.

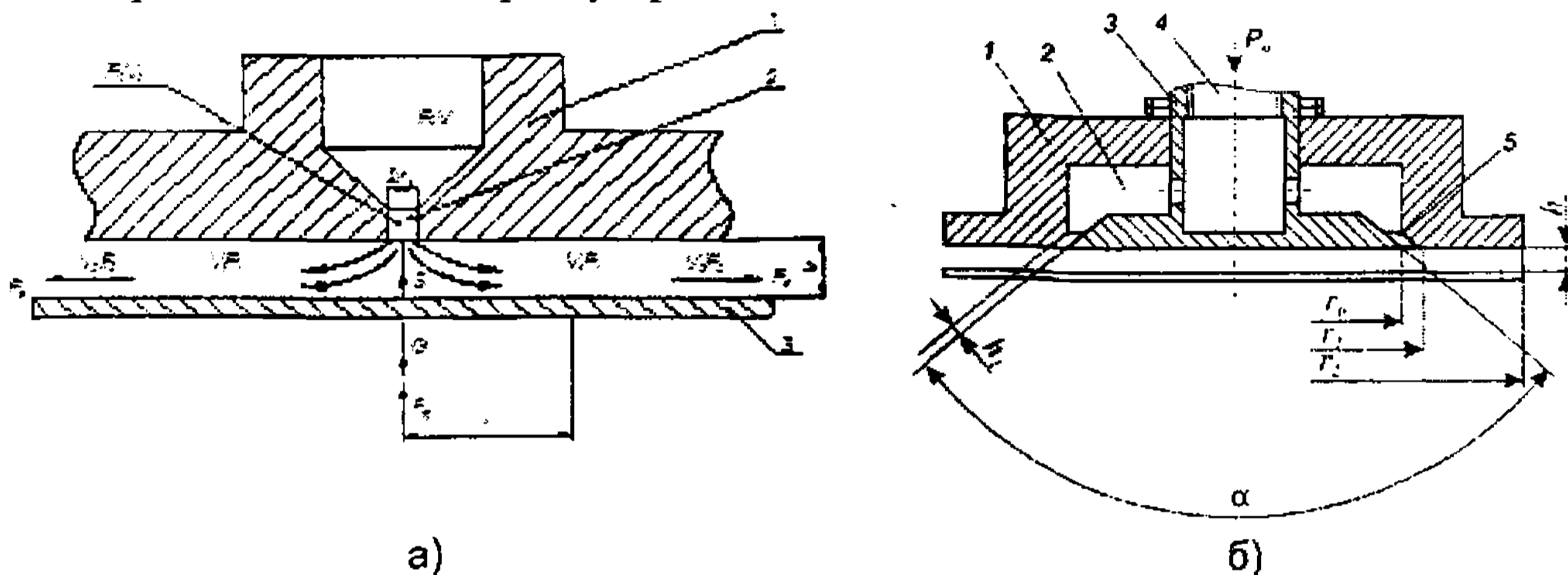


Рис. 1. Схема струменевого елемента:
а — сопловий; б — з конічною щілиною

Для зменшення дії реактивної сили струменя повітря на лист, доцільно використовувати ежекційний струменевий елемент з конічною кільцевою щілиною на торці (рис. 1, б), технічні характеристики якого значно перевищують ті, які досягаються в струменовому елементі з перпендикулярним розміщенням сопла. Це дає можливість використати його окрім поліграфічного виробництва також у машинобудівній промисловості.

Струменевий елемент з конічною кільцевою щілиною на власному торці (рис. 1, б) містить корпус 1, в який встановлена циліндрична вставка 2, що утворює з поверхнею центрального отвору корпуса 1 кільцеву щілину для виходу повітря в атмосферу, яке надходить повітропровідними каналами від джерела тиску. Кільцевий струмінь повітря, проходячи через кільцеву щілину 5 і переломлюючись об поверхню об'єкта, в зазорі між торцями корпуса й заготовки, утворює плоский радіальний потік.

Під дією аеродинамічного ефекту притягання заготовка з визначеної відстані піднімається вгору і притискається до торця соплового елемента. Лист не знаходиться в безпосередньому дотику з торцем силового механізму, а вільно плаває на повітряній подушці, автоматично підтримуючи зазор h товщиною порядку 0,08...0,12 мм. Зусилля присмоктування F залежить від схеми розподілу швидкостей і тиску радіального суцільного потоку газу, обумовлених характером плинності до периферії сопла, де тиск дорівнює атмосферному P_a , а втрати на тертя виражаються в гальмуванні потоку і зміні об'ємних витрат повітря крізь зазор h .

Залежно від цільового призначення захоплювач може бути доукомплектований механізмом підйому або встановлюватися стаціонарно для забезпечення поштучного відділення листів зверху або знизу стопи, а транспортування відділених листів у власній площині також забезпечується обертовими фрикційними роликми або іншими подібними елементами.

На рис. 2 наведено конструкцію живильника для поштучного відділення листів зверху стопи за допомогою стаціонарно закріпленого присмоктувача з подальшим транспортуванням заготовок у власній площині фрикційними роликми. Основними елементами цього живильника є струменевий елемент 1 з кільцевою щілиною 5 та обертові фрикційні ролики 6, що виступають нижче торця присмоктувача на величину $0,1-0,5$ мм.

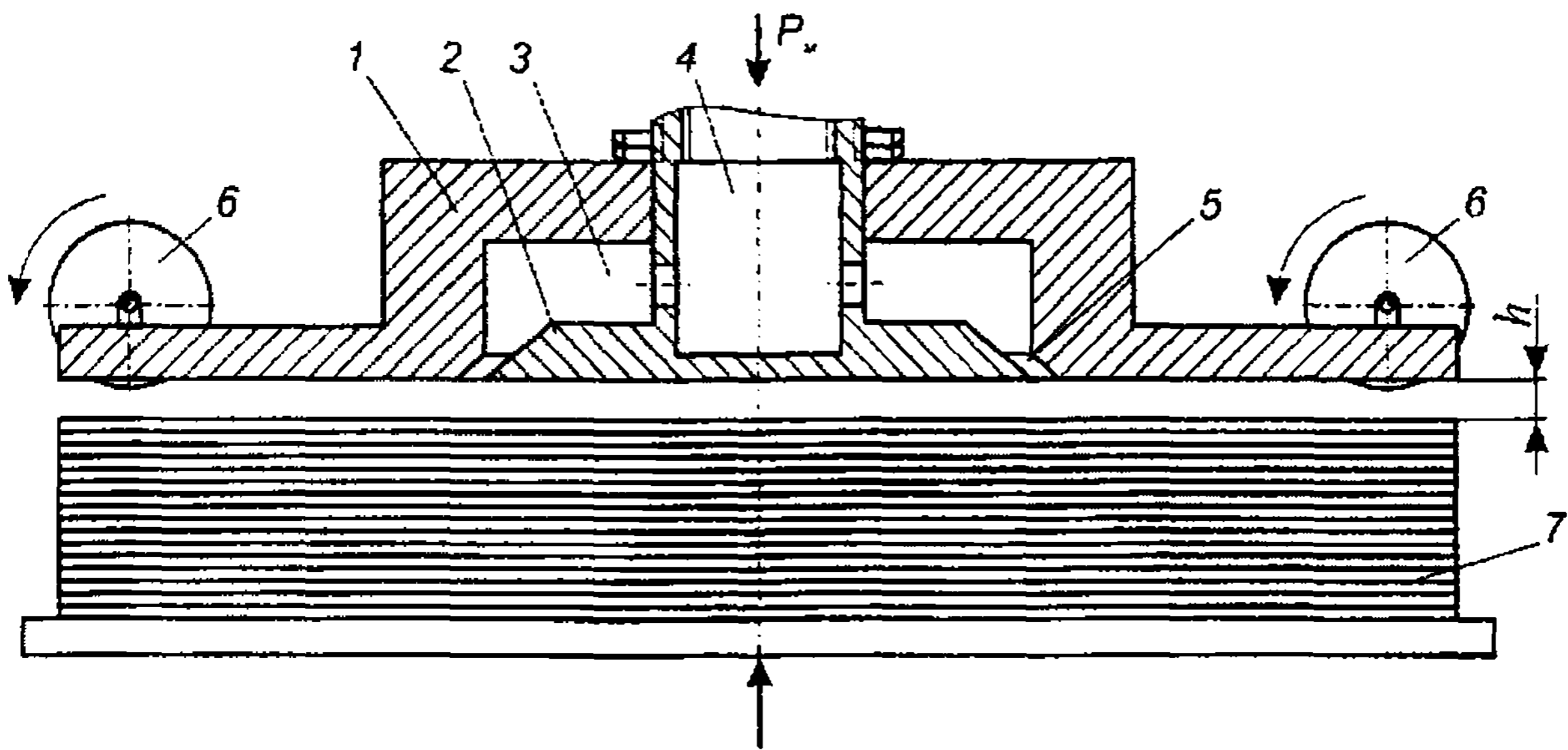


Рис. 2. Конструкційна схема струменево-фрикційного живильника

Живильник містить корпус 1 з циліндричною камерою 3, в якій встановлено конічну тарілку 2 таким чином, що утворюється кільцева щілина 5. При подачі стиснутого повітря в камеру 3 через отвір 4 виникає кільцевий конічний струмінь повітря, який, витікаючи зі щілини 5, утворює на торці захоплювача розрідження. Перепад тисків спричиняє виникнення аеродинамічного ефекту притягання, під дією якого верхній лист стопи 7 з відстані h буде піднятий вгору і притиснутий до торця захоплювача, автоматично підтримуючи зазор h_2 рівний або трохи більший товщини повітряної подушки.

Надійність роботи живильника переважно визначається статичними характеристиками струменевого захоплювального органу. Дослідження встановили, що величина сили присмокткування листа до торця захоплювача залежить від товщини конічної щілини, вимірюючи в нормальному до її стінок напрямку, і величини кута α конічної щілини. Із збільшенням кута α сила присмокткування також зростає і приймає максимальне значення при $\alpha \geq 150^\circ$. Як показали експерименти товщину h , конічної щілини слід приймати в межах $0,08-0,12$ мм. Оптимальне співвідношення між h_1 і зазором h_2 перебуває в

межах 2,8–3,2. У такому випадку напрямок кільцевого конічного струменя повітря забезпечується конічною периферією тарілки 2, тобто іншою стінкою конічного сопла.

Силова характеристика струменевого елемента визначається відповідно до наступних міркувань. При витіканні з конічної щілини 5 кільцевого струменя стиснутого повітря в результаті ежекції на торці тарілки 2 виникає вакуум рівний

$$P_p = \frac{\rho_a V_0^2}{2}, \quad (2)$$

де V_0 — швидкість витікання повітря з конічної щілини; ρ_a — густина повітря при атмосферному тиску, що створює силу присмоктування листа до торця

$$F_1 = \pi r_0^2 \frac{\rho_a V_0^2}{2}. \quad (3)$$

Крім цього, витічний з конічного сопла в атмосферу через зазор h_2 в інтервалі радіусів r_0 і r_2 , потік повітря переломлюється об поверхню листа і створює додаткове присмоктувальне зусилля F_2 , рівне

$$F_2 = \frac{V_0^2 \rho_a \pi r_0^2}{r_2 - r_0} \left(r_2 \ln \frac{r_2}{r_0} - r_2 + r_0 - \frac{h_2}{r_0} \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (4)$$

де r_2 — радіус струменевого елемента; α — кут нахилу конічної щілини.

Приймаючи витікання з кільцевої щілини надкритичним при визначенні розходу робочого середовища, а також забезпечуючи відстанню h_2 між заготовкою і торцем корпусу повне розширення повітря до атмосферного тиску P_a і враховуючи рівняння нерозривності потоку, отримуємо:

$$\mu \theta_1 P_0 \sqrt{\frac{n}{RT} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}}} = V_0 \rho_a \theta_2. \quad (5)$$

Швидкість V_0 і розрідження P_p можна записати так:

$$V_0 = \frac{\mu}{\rho_a} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n P_0 \sqrt{\frac{n}{RT} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}}}, \quad (6)$$

$$P_p = \frac{\mu^2 P_0^2 n}{2 \rho_a RT} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^{2n} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}}, \quad (7)$$

де μ — коефіцієнт розходу повітря; P_0 — тиск на виході з конічної щілини; R — газова стала; T — абсолютна температура; n — показник адіабати; r_0 — радіус тарілки.

Беручи до уваги вираз (7) і сумуючи сили F_1 і F_2 , залежно від конструктивних параметрів захоплювального органу та віднімаючи реактивну силу струменя $R_{стр}$ рівну:

$$R_{стр} = \pi V_0^2 \rho_a r_0 h_2 \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (8)$$

у кінцевому результаті запишемо вираз для визначення величини максимальної сили притягування:

$$F_{пр} = \frac{\pi \mu^2 n r_0^2 P_0^2}{\rho_a RT} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^{2n} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}} \left(\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_0} - r_2 + r_0}{r_2 - r_0} + 0,5 - \frac{h_2}{r_0} \cos \frac{\alpha}{2} \right). \quad (9)$$

Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що струменсво-фрикційним живильникам з кільцевою конічною щілиною на власному торці властива вантажопідйомність до 200–300 Н. Вагомою перевагою живильників цього типу є відсутність потреби в додаткових привідних механізмах для подачі листів до роликів. Струменево-фрикційні живильники можуть знайти широке поле застосування при автоматизації процесів відділення листового матеріалу у машинобудівній, приладобудівній, легкій, поліграфічній та інших промисловостях.

1. Бляхеров И. С. Автоматическая загрузка технологических машин: справ. / И. С. Бляхеров, Г. М. Варьяш, А. А. Иванов и др.; под общ. ред. И. А. Клусова. — М. : Машиностроение, 1990. — 400 с.
2. Дычковский М. Г. Исследование пневматических захватных органов автоматических питателей для листовых заготовок / М. Г. Дычковский, Я. И. Проць // Пути совершенствования прогрессивных процессов и оборудования применяемых при обработке металлов давлением: тез. докл. — Барнаул, 1981.
3. Дмитриев В. Н. Основы пневмоавтоматики / В. Н. Дмитриев, В. Т. Градецкий. — М. : Машиностроение, 1973. — 360 с.
4. Перекалин И. М. Устройство для отделения тонких листовых изделий, уложенных в стопки, и поштучной их выдачи / И. М. Перекалин, А. В. Рыбаков // Патент Российской Федерации. — 1997. — 5 с.
5. Розанов Л. Н. Вакуумная техника: учеб. для вузов по спец. «Вакуумная техника» / Л. Н. Розанов. — [2-е изд., переаб. и доп.]. — М. : Высш. шк., 1990. — 320 с.
6. Сентяков Б. А. Исследование силовых характеристик струйного вихревого преобразователя / Б. А. Сентяков, Г. П. Исупов. — М. : Измерительная техника. — 1984. — № 1. — 34 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУЙНО-ФРИКЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ПОДАЧИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Проведены теоретические исследования статических характеристик устройств подачи листового материала с помощью струйно-фрикционных элементов, в основу работы которых положен принцип возникновения аэродинамического эффекта притяжения, созданного истекающей из сопла

струи воздуха. Определены силовые параметры, которые определяют оптимальные режимы работы, и конструктивные параметры струйно-фрикционных питателей.

STUDY OF STATIC CHARACTERISTICS OF JET-FRICTION DEVICES FOR SHEET MATERIAL FEEDING

Theoretical studies of static characteristics of sheet material feeders with jet-friction elements, which are based on aerodynamic effect generated by the air jet coming from the nozzle, were done. The force parameters, which determine the optimum operating mode, and design parameters of jet-friction feeders, were defined.

Стаття надійшла 22.01.11