

УДК 621.867.427

Д. П. ЧАСОВ

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ШНЕКУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРУ З ДОДАТКОВИМИ ЛОПАТЯМИ

Виконано аналіз сил та параметрів, що впливають на величину критичної частоти обертання шнеку з додатковими лопатями. Досліджено критичні частоти обертання із умов не перекидання стружки за вертикальну вісь конвеєра на інший бік струмка і взаємозв'язку із піднімально-рушійною силою та наповненням жолоба. Отримана графічна залежність критичної частоти обертання шнеку від кута атаки додаткових лопатей. Розроблена математична залежність для визначення критичної частоти обертання шнеку гвинтового конвеєру з додатковими лопатями.

Ключові слова: додаткова лопать, кут атаки, критична частота обертання, шнек.

Постановка проблеми. У сучасному світі торгівельно-ринкових відносин головною вимогою є зниження собівартості продукції за умови сталої якості. Беручи до уваги той факт, що собівартість продукції формується із сукупності всіх операцій технологічного та допоміжного процесів, слід забезпечити і їх здешевлення. Одним із вагомих процесів машинобудівних підприємств є процес переробки відходів – стружки та шламу. Виходячи із умови переробки за межами машинобудівних підприємств, маємо завдання збору, пакування та транспортування стружки. Процес транспортування відбувається за рахунок засобів автоматизації – конвеєрного транспорту, зокрема шнекового, головним недоліком якого є недостатня продуктивність при суттєвих енергозатратах. Маючи умови концепції переходу України до стійкого розвитку мусимо знижувати собівартість продукції за рахунок конструктивних модернізацій, як основних передумов запровадження енергозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень. У суттєвому різноманітті представлені праці вітчизняних й закордонних науковців присвячені підвищенню продуктивності та зменшенню енерговитрат у процесі транспортування відходів механічної обробки шнековим транспортом. Однак майже відсутня інформація стосовно конструктивних модернізацій елементів шнеку та їх взаємозв'язків із супроводжувальними процесами та параметрами.

В багатьох наукових працях розглянута взаємодія транспортованого матеріалу з механізмом шнекового конвеєру, за умови його представлення у вигляді транспортуючих труб. Та така розрахункова схема не може у повній мірі відобразити всі процеси, що впливають на продуктивність та енергоємність.

Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми. Частота обертання шнеку безпосередньо впливає на його продуктивність, оскільки забезпечує швидкість та неперервність процесу переміщення стружки у жолобі. Однак, із встановленням додаткових лопатей, ефективний діапазон критичної частоти обертання шнеку обмежений мінімальними показниками з урахування енергетичних затрат виділених на приведення в рух шнеку та максимальними

обертами з умови неперекидання додатковими лопатями транспортованого матеріалу на інший бік струмка через вертикальну вісь конвеєру.

Формулювання мети роботи. Метою роботи є визначення ефективної частоти обертання шнеку з урахуванням кута атаки додаткових лопатей та умови неперекидання стружки на інший бік струмка через вертикальну вісь конвеєру, що в суттєвій мірі впливає на продуктивність.

Виклад основного матеріалу. При обертанні горизонтального шнекового конвеєра, частково заповненого сипучим матеріалом (металевою стружкою), в його поперечному перерізі можна спостерігати такі режими руху матеріалу [1, 2, 3]:

- рух з обваленням, при якому періодично відбувається перерозподіл матеріалу;

- циркуляційний рух, при якому матеріал утворює замкнутий циркуляційний контур (рис. 1). При цьому частина матеріалу рухається або по відкритій поверхні викривленого сегмента, або знаходиться в польоті.

Рух з обваленням спостерігається досить рідко. На практиці найбільш часто використовується циркуляційний рух. Тому розглянемо детальніше саме цей режим.

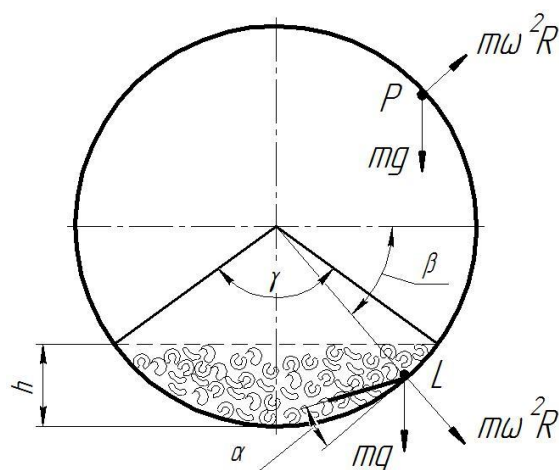


Рис. 1 – Схема сил, діючих на частинку металеві стружки в поперечному перерізі жолоби шнекового конвеєра з додатковими лопатями

Зазвичай даний режим руху стійко існує при кутових швидкостях обертання шнека $(0,1 \dots 0,6) \square_{кр}$.

$$x \cos \alpha + y \sin \alpha - R \cos \alpha = 0,$$

де $R \cos \alpha = l$.

Тоді рівняння площини площадки додаткової лопаті з урахуванням кута початку руху матеріалу висловлюємо:

$$x \cos(\alpha + \beta) + y \sin(\alpha + \beta) - R \cos \alpha = 0. \quad (8)$$

Однак, кут β – кут початку руху матеріалу по додатковій лопаті і також кут нахилу майданчика до площини витка, отже майданчик додаткової лопаті має просторове переміщення. Початкове рівняння описує рівнодію сил по осі, що збігається з проекцією майданчиків додаткової лопаті. Об'єднане рівняння сил на перпендикулярній та паралельній осях площині лопаті має вигляд:

$$\omega_{кр}^2 R (\sin \alpha + f_{тр} \cos \alpha) = g [\cos(\alpha + \beta) + f_{тр} \sin(\alpha + \beta)],$$

звідки:

$$\begin{aligned} \omega_{кр} &= \sqrt{\frac{g \cdot \cos(\alpha + \beta) + f_{тр} \sin(\alpha + \beta)}{R \cdot \sin \alpha + f_{тр} \cos \alpha}} = \\ &= \sqrt{\frac{g \cdot \cos(\alpha + \beta - \varphi)}{R \cdot \sin(\alpha + \varphi)}}, \end{aligned} \quad (9)$$

де $\varphi = \arctg f_{тр}$ – кут тертя.

Беручи до уваги коефіцієнти тертя, кут атаки додаткової лопаті та кут розміщення додаткової лопаті, при якому починається рух металевої стружки, отримуємо рівняння критичної частоти обертання шнеку з встановленими додатковими лопатями:

$$\begin{aligned} n_{кр} &\geq \sqrt{\frac{g \cdot [f_{тр.л} \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot f_{ш} - f_{тр.м} \cdot \sin(\delta)]}{R \cdot [f_{ш} \cdot \cos(\beta) + f_{ж} \cdot \sin(\gamma)]}} \cdot \\ &\cdot \frac{30}{\pi} \cdot \cos(\Omega) \end{aligned} \quad (10)$$

де $f_{ш}$ – коефіцієнт тертя о шнек;

$f_{ж}$ – коефіцієнт тертя о жолоб;

$f_{тр.л}$ – коефіцієнт тертя матеріалу о лопать;

$f_{тр.м}$ – коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу.

На рис. 5 приведено порівняльний аналіз критичних частот обертання шнекового конвеєру з додатковими лопатями та з класичною конструкцією.



Рис. 5 – Гістограма розподілення критичних частот обертання шнеків модернізованої та класичної конструкції

Висновки. З гістограми чітко видно суттєве зниження критичної частоти обертання шнекового конвеєру з встановленими додатковими лопатями у порівнянні з класичною конструкцією. Причому маємо найнижчу критичну частоту обертання шнеку при встановлених додаткових лопатях з кутом атаки в межах від 45 до 60°.

Список літератури: 1. *Макевнін М.П.* Дослідження руху сипучих матеріалів в оберткових барабанах: дис. ... кандидата техн. наук: 05.04.09 / Макевнін Михайло Петрович. – М., 1963. 2. *Трофимов А.В.* Дослідження руху сипучих матеріалів в оберткових барабанах без внутрішніх пристроїв: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Трофимов Олексій Володимирович. – М., 1973. 3. *Коротич В.І.* Рух сипучого матеріалу в обертковому барабані / В.І. Коротич // Сталь. – 1962. – № 8. – С. 680-686. 4. *Часов Д.П.* Обґрунтування параметрів шнекового конвеєра з додатковими лопатями для транспортування стружки: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.05 / Часов Дмитро Павлович. – Дніпродзержинськ, 2015. 5. Пат. 83441 Україна, МПК В 65 G 33/14 Шнековий конвеєр / Д.П. Часов, А.М. Тихонцов; заявник та патентовласник Дніпродзержинський державний технічний університет. – № u201303544; заяв. 22.03.13; опубл. 10.09.13, Бул. № 17. 6. *Рогатинський Р.* Оптимізація параметрів гвинтових транспортно-технологічних систем / Р. Рогатинський, І.Гевко, Л. Рогатинська // Вісник ТНТУ. – 2013. – №1 (69). – С. 123-230.

Bibliography (transliterated): 1. Makevnin M.P. Doslidzhennya ruhu sy'puchy'x materialiv v obertovy'x barabanax: dy's. ... kandy'data texn. nauk: 05.04.09 / Makevnin My'xajlo Petrovy'ch. – Moscow, 1963. 2. Trofy'mov A.V. Doslidzhennya ruhu sy'puchy'x materialiv v obertovy'x barabanax bez vnutrishnix pry'strojiv: dy's. ... kandy'data. texn. nauk: 05.05.11 / Trofy'mov Oleksij Volody'my'rov'ch. – Moscow., 1973. 3. Koroty'ch V.I. Rux sy'puchogo materialu v obertovomu barabani / V.I. Koroty'ch // Stal'. – 1962. – No 8. – P. 680-686. 4. Chasov D.P. Obg'runtuvannya parametriv shnekovogo konveyera z dodatkovy'my' lopatyamy' dlya transportuvannya struzhky': dy's. ... kandy'data texn. nauk: 05.05.05 / Chasov Dmy'tro Pavlovy'ch. – Dniprodzerzhyn's'k, 2015. 5. Pat. 83441 Ukrayina, MPK B 65 G 33/14 Shnekovy'j konveyer / D.P. Chasov, A.M. Ty'xoncov; zayavny'k ta patentovlasny'k Dniprodzerzhyn's'ky'j derzhavny'j texnichny'j univ'ersy'tet. – Nou201303544; zayav. 22.03.13; opubl. 10.09.13, Byul. No 17. 6. Rogaty'ns'ky'j R. Opty'mizaciya parametriv gvy'ntovy'x transportno-texnologichny'x sy'stem / R. Rogaty'ns'ky'j, I. Gevko, L. Rogaty'ns'ka // Visny'k TNТУ. – 2013. – No 1(69). – P. 123-230.

Надійшла (received) 30.10.2015

Відомості про авторів / About the Authors

Часов Дмитро Павлович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Технології машинобудування» Дніпродзержинського державного технічного університету, м.Дніпродзержинськ, тел.: (096) 999-50-09, e-mail: 0969995009@ukr.net.

Chasov Dmitri Pavlovich – Ph.D., senior lecturer in "Engineering Technology" Dneprodzerzhinsk State Technical University, ul. Dniprobudivska 2, of Dneprodzerzhinsk, Dnipropetrovsk region., Ukraine, 51918. Contact tel. : (096) 999-50-09, e-mail: 0969995009@ukr.net