

Експериментално изследване на основни характеристики на винтов транспортър

Илия Тодоров, Тони Узунов

An experimental study of the basic characteristics of screw conveyor: В статията е изследван винтов транспортър, представляващ част от лабораторна уредба, имитираща затворена система за транспортиране на насипни товари. Експериментално е установено изменението на производителността на транспортъра, коефициентът на запълване и необходимата мощност за задвижването му в зависимост от честотата на въртене на винта. Определени са специфичният разход на енергия и коефициентът на съпротивление, чрез които винтовия транспортър може да се сравнява с други видове транспортъри в енергийно отношение.

Key words: conveyor screw, bulk cargo, performance

ВЪВЕДЕНИЕ

Винтовите транспортъри са предназначени за пренасяне на насипни товари и са едни от най-широко разпространените представители на групата транспортъри без наличие на гъвкав теглителен елемент. В зависимост от формата на винтовата повърхнина, винтовете могат да се изпълнят плътни, лентови, лопаткови и фасонни (профилни), като всеки вид намира своето специфично приложение. В по-голяма част от случаите се използват плътни винтове, предназначение за сухи, дребнозърнести и лесноподвижни насипни товари.

Широкото им приложение се обуславя преди всичко от техните предимства, заключаващи се във висока производителност, просто устройство, ниски производствени, експлоатационни и ремонтни разходи. Характеризират се с висока вариетивност по отношение на геометричните размери, достигайки диаметри от 75 до 400 mm и дължина от 1 до 30 m. Съществуват редица изследвания, свързани с определяне на основните характеристики на винтови транспортъри, които могат да бъдат обособени в някои от следните направления:

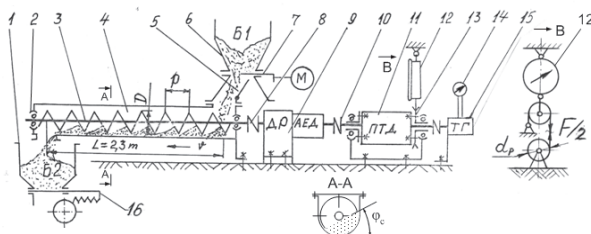
- използване на хоризонтални и наклонени винтове с променлива стъпка [1, 6]
- създаване на вибрации спрямо вала на винта [1, 2]
- добавяне на повърхностно-активни вещества и принудително намокряне на товара при транспортиране на влажни и трудноподвижни насипни товари [2]
- рифеловане на вътрешната повърхност на улея [4, 5]
- комбинирани методи за изследване [2]

Целта на изследването е експериментално установяване изменението на производителността на транспортъра, необходимата мощност, коефициентът на запълване и специфичният разход на енергия в зависимост от честотата на въртене на винта.

ИЗЛОЖЕНИЕ

На фиг.1. е показан изследвания хоризонтално разположен винтов транспортър. Винтът 3, разположен в открит полуцилиндричен улей 4, се състои от стоманена тръба, върху която са заварени ламаринени навивки. В двата си края, валът на винта лагерува на самонагаждащи се лагери 2, монтирани във фланцови лагерни кутии, закрепени към челните страници на улея. Винтът се задвижва с помощта на двигател-редуктор 9, чийто изходен вал е свързан с вала на винта чрез еластичен съединител 8. Насипният товар се подава от бункер 6, разположен над транспортъра в единия му край и се разтоварва през отвор изработен в предната част на дъното на улея, откъдето попада в бункер 1.

Скоростният режим на изследвания винтов транспортър е бавноходен, при който ъгловата скорост на винта ω_B се ограничава да не надвишава критичната $\omega_{кр}$, като товарът се придвижва напред по оста на транспортъра подобно на невъртяща се гайка по въртящ се винт.



Фиг. 1. Принципно схема на винтовия транспортър и опитната уредба
 1 – разтоварващ бункер 2 – самонагаждащи лагери 3 – винт 4 – улей 5 – двупозиционна клапа 6 –
 ذخارناش бункер 7 – електромеханичен шибър 8 – еластичен съединител 9 – двигател-редуктор
 10 – еластичен съединител 11 – постояннотоков двигател 12 – динамометър 13 – неподвижна
 ролка 14 – волтметър 15 – тахогенератор 16 – механичен шибър

Транспортираният товар се събира в бункера 1, откъдето чрез елеватор и наклонен греблов верижен транспортър се връща в бункера 6. При провеждане на измерванията транспортърът се задвижва от постояннотоков двигател 11, който е балансиран статично и е приспособен така, че корпусът му е лагуруван на неподвижна стойка и може да се завърта около надлъжната си ос. В задната част на корпуса е монтирана неподвижна ролка 13, около която преминава стоманено въже. Чрез подвижна ролка, въжето е свързано с динамометъра 12, окачен на стойка. При включване на двигателя, статорът му се стреми да се завърти в посока обратна на посоката на въртене на ротора под действие на реактивен момент, равен на активния, с който се преодоляват съпротивленията на работната машина. При завъртане на статора, въжето се навива около ролката 13 и натоварва динамометъра 12. С помощта на измерената сила във въжето се определя моментът, действащ върху вала на двигателя.

Честотата на въртене на вала на постояннотоковия двигател и на винта се изменя чрез промяна на напрежението в роторната му намотка, регулирано от постояннотокова ذخарнаваща уредба. Определянето на честотата на въртене се извършва чрез измерване с волтметър 14 на напрежението на клемите на тахогенератора 15, който е свързан чрез еластичен съединител с вала на двигателя.

Производителността Π , t/h на транспортъра се определя опитно чрез измерване с хронометър на времето t , s , за транспортиране на товар с предварително определена маса m , kg по зависимостта:

$$\Pi = 3,6 \frac{m}{t}, \quad t/h \quad (1)$$

За определяне на необходимата мощност P , kW , необходима за задвижване на транспортъра с товар, по време на опитите от динамометъра се отчита силата F . Стойностите за мощността се получават с помощта на зависимостта:

$$P = \frac{\pi n_{\text{де}} M}{30.1000} = \frac{n_{\text{де}} F d_p}{38197}, \quad kW \quad (2)$$

където $M = \frac{F}{2} \cdot \frac{d_p}{2}$ е реактивният момент, действащ на статора, Nm ; F – силата, получена в резултат на този момент, N ; d_p – диаметърът на ролката, m

Честотата на въртене на винта n_e се определя на база честотата на въртене на ротора на постояннотоковия двигател $n_{\text{де}}$ и се определя по зависимостта:

$$n_e = \frac{n_{\text{де}}}{u_p} = \frac{k_n z_n}{u_p} = \frac{n_{\text{ао}} z_n}{z_e u_p}, \quad \text{min}^{-1} \quad (3)$$

където k_n е константата на волтметъра на тахогенератора;

z_n – показанието на волтметъра при съответния опит, **дел**. При провеждане на опитите, показанието се фиксира предварително през стъпка от 2 деления, като за минимална стойност е избрана показание от 10 деления, за да се избегне препълване на улея на винтовия транспортър и разпиляване на насипния товар.

z_a – показанието на волтметъра при работа на асинхронния двигател, **дел**

n_{ad} – честотата на въртене на вала на асинхронния двигател, min^{-1}

u_p – предавателното число на двигател-редуктора

Теоретичната производителност се определя по зависимостта:

$$\Pi_T = 47 \cdot D^2 \cdot p \cdot n_a \cdot \rho \cdot k_p, \quad t/h \quad (4)$$

където D е диаметърът на винта, m

p – стъпката на винта, m

ρ – плътността на товара в насипно състояние, t/m^3

k_p – коефициент, отчитащ влиянието на наклона на транспортъра

В ролята на насипен товар по време на експериментите се използват полиетиленови зърна, доближаващи се по форма и размери до тези на зърна от леща. Плътността на полиетиленовите зърна в свободно насипано състояние – ρ и след уплътняване – ρ_y е определена опитно. При определяне на теоретичната производителност се използва обемната плътност след уплътняване, вследствие изсипването на товара в улея от известна височина и въртенето на винта.

Отношението на двете производителности – измерена към теоретична, дава възможност да се определи коефициентът на запълване ψ на транспортъра:

$$\psi = \frac{\Pi}{\Pi_T} \quad (5)$$

Пресмята се специфичният разход на енергия

$$k_e = \frac{P}{\Pi L}, \quad \frac{kWh}{tm}, \quad (6)$$

където L е работната дължина на транспортъра, m ,

Определя се коефициентът на съпротивление за винтовия транспортър от зависимостта

$$w = \frac{367 \eta_M P}{\Pi L}, \quad (7)$$

където за КПД на предавателния механизъм се приема $\eta_M = 0,96$.

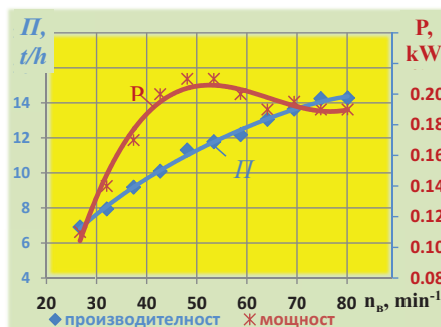
Табл.2.

Резултати от проведените експерименти

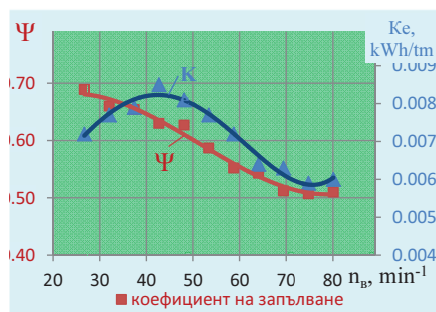
честота на въртене на винта	n_a, min^{-1}	26.7	32.04	37.39	42.7	48.1	53.4	58.75	64.09	69.43	74.77	80.10
време за пренасяне на товара	t, s	36.6	31.7	27.5	25	22.3	21.4	20.7	19.3	18.9	17.7	17.6
измерена производителност	$\Pi, t/h$	6.91	7.94	9.18	10.10	11.31	11.78	12.18	13.06	13.34	14.24	14.32
теоретична производителност	$\Pi_T, t/h$	10.02	12.03	14.03	16.04	18.04	20.05	22.05	24.06	26.06	28.07	30.07
коефициент на запълване	ψ	0.689	0.660	0.654	0.630	0.627	0.587	0.552	0.543	0.512	0.507	0.476
мощност при работа с товар	P, kW	0.114	0.141	0.168	0.196	0.212	0.208	0.202	0.192	0.193	0.193	0.192
специфичен разход на енергия	$k_e, \frac{kWh}{t.m}$	0.0072	0.0077	0.0079	0.0085	0.0081	0.0077	0.0072	0.0064	0.0063	0.0059	0.0060
коефициент на съпротивление	w	2.55	2.72	2.80	2.98	2.87	2.70	2.54	2.25	2.22	2.08	2.05

Опитите са проведени с петкратна повторяемост за всяка честота на въртене на винта, която е променяна в диапазона $26 \dots 80 \text{ min}^{-1}$. След статистическа обработ-

ка на получените резултати от всички опити са намерени стойности за изменението на изследваните параметри на винтовия транспортър, които са дадени в табл.2.



Фиг.2. Графични зависимости на изменение на производителността на транспортъра и необходимата мощност в зависимост от честотата на въртене на винта



Фиг.3. Графични зависимости на изменение на коефициента на запълване и специфичния разход на енергия в зависимост от честотата на въртене на винта

На фигура 2 са показани графични интерпретации на изменението на производителността на транспортъра и необходимата мощност в зависимост от честотата на въртене на винта, като с плътни линии са дадени апроксимиращите зависимости $\Pi=f(n_b)$ и $P=f(n_b)$, представляващи полиноми, съответно от втора и трета степен. От фигурата се забелязва, че при достигане на честота на въртене на винта над 70 min^{-1} , темпът на нарастване на производителността е по-малък, което се обяснява с достигане на максималната пропускателна способност на захранващото устройство, което за всеки един от опитите пропуска едно и също количество товар. Вижда се, че с увеличаване на честотата на въртене на винта до 50 min^{-1} , необходимата мощност се повишава рязко, което се обяснява с наличието на значително количество насипен товар в междувитковото пространство, водещо до значително съпротивление от триенето му по дъното на улея и работните повърхнини на винта.

На фигура 3 са показани графични зависимости на изменение на коефициента на запълване и специфичния разход на енергия в зависимост от честотата на въртене на винта, като с плътни линии са дадени апроксимиращите зависимости $\Psi=f(n_b)$ и $K_e=f(n_b)$, представляващи полиноми от трета степен. Вижда се, че с увеличаване на честотата на въртене на винта и при едно и също количество товар, постъп-

ващо от захранващото устройство, коефициентът на запълване намалява, като при честота на въртене над 70 min^{-1} е около 0.5. Тази стойност отговаря на препоръките за пренасяне на сухи, лесноподвижни насипни товари [3]. От получените резултати за специфичния разход на енергия се установи, че с увеличаване на честотата на въртене на винта до 50 min^{-1} , $K_e=f(n_b)$ е растяща функция и достига максимум, а при n_b над 65 min^{-1} , K_e почти не се променя, което се дължи на малките изменения на стойностите на производителността на транспортъра и необходимата мощност при тези честоти на въртене на винта.

След анализ на всички получените резултати, може да се направи извода, че основните характеристики на винтовия транспортър силно се влияят от промяна честотата на въртене на винта, като при n_b над 65 min^{-1} режимът на работа на изследвания винтов транспортър е оптимален, тъй като производителността е най-висока, а специфичният разход на енергия е с най-ниски стойности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От анализа на получените резултати при експерименталното изследване могат да се направят следните основни изводи:

- Опитно са установени статистически зависимости на основни характеристики на винтов транспортър, с които може да се изследва поведението на всяка характеристика при различни режими на работа, реализирани чрез изменение честотата на въртене на винта.
- Производителността на винтовия транспортър, необходимата мощност, коефициентът на запълване и специфичният разход на енергия силно се влияят от промяна честотата на въртене на винта.
- Режимът на работа на изследвания винтов транспортър е оптимален при честота на въртене на винта над 65 min^{-1} .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кобылянский Д.М. Исследование процесса транспортирования материала винтовым конвейером. Горные машины и оборудование, 2013, стр.17-2.
- [2] Кобылянский Д.М. Повышение эффективности процесса транспортирования вязкого материала (глины) винтовым конвейером. Горные машины и оборудование, 2013, стр.31-34.
- [3] Начев С. С. Машины и съоръжения за непрекъснат транспорт. С., Техника, 1984.
- [4] Павлов Е.И., А.С. Апачанов. Оценка повышения эффективности транспортирования сыпучего материала вертикальным винтовым конвейером путем рифления внутренней поверхности корпуса. Вестник СГТУ, 2013, №2(71). Выпуск 2.
- [5] Соколова Е.К. Влияние шероховатости поверхности на движение частицы в кожухе винтового конвейера. Вестник КГТУ, 2011, стр.28-30.
- [6] Фомин А.С. Производительность винтового смесителя-конвейера. Научная конференция "Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education", 2013.

За контакти:

Гл. ас. д-р инж. Илия Тодоров Тодоров, катедра "Ремонт, надеждност, механизми, машини, логистични и химични технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082/ 888 664, 888 239, E-mail: itodorov@uni-ruse.bg.

Доц. д-р инж. Тони Иванов Узунов, катедра "Ремонт, надеждност, механизми, машини, логистични и химични технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082/ 888 664, 888 239, E-mail: tuzunov@uni-ruse.bg.

Докладът е рецензиран.