

ANALIZA PERFORMANTELOR TRANSPORTOARELOR ELICOIDALE ÎN TIMPUL PROCESULUI DE MANIPULARE A UNUI AMESTEC DE NISIP ȘI PIETRIȘ

ANALYSIS OF THE SCREW CONVEYOR PERFORMANCE DURING THE HANDLING OF A MIXTURE OF SAND AND GRAVEL PROCESS

Cristina SESCU-GAL¹, Cătălin FRÂNCU¹

¹Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania - Facultatea de Utilaj Tehnologic
cristina.sescu-gal@utcb.ro; francu@utcb.ro;

Rezumat: *Lucrarea prezintă o analiză a transportoarelor elicoidale pentru stabilirea unor parametri care să conducă la o eficiență energetică crescută în utilizare, cunoscându-se faptul că un dezavantaj al acestor transportoare este consumul mai mare de energie comparativ cu alte sisteme de transport continuu.*

Cuvinte cheie: *transportor elicoidal, productivitate, putere, eficiență*

Abstract: *The paper presents an analysis of screw conveyors to establish parameters that lead to increased energy efficiency in use, knowing that a disadvantage of these conveyors is the higher energy consumption compared to other continuous transport systems.*

Keywords: *screw conveyors, productivity, power, efficiency*

1. INTRODUCERE

Transportoarele elicoidale sunt echipamente utilizate pentru transportul materialelor vrac pe distanțe scurte, în plan orizontal, înclinat sau vertical. Se pot transporta o gamă largă de materiale din domenii diferite, cum ar fi: industria alimentară, industria chimică, industria materialelor de construcții, în general transportoarele fiind integrate în fluxul unei linii tehnologice. Transportorul constă în esență dintr-o spiră elicoidală, care se rotește într-un jgheab în formă de „C” sau „U” și deplasează în mod continuu masa de material. Sunt instalații simple, ieftine, comode în exploatare, cu dimensiuni de gabarit reduse raportat la volumul de material transportat. Prin construcție pot fi închise ermetic împiedicând răspândirea prafului în atmosferă.

În industria materialelor de construcții și nu numai, avantajele utilizării acestor echipamente este dat de posibilitatea de a transporta materiale cu temperatura ridicată (fierbinți), transportoarele fiind fabricate în general din oțel precum și realizarea malaxării materialului în interiorul cuvei. Limitarea lungimii de transport se face din considerente economice, puterea necesară fiind mai mare comparativ cu alte sisteme de transport continuu. Calculul puterii de acționare se face conform metodologiei din standardele internaționale ISO 7119 și ANSI/CEMA 350 pentru SUA, pentru transportoarele cu o înclinare de maxim 20° iar pentru celelalte se poate efectua cu relații mecanice generale.

Cea mai mare parte a cercetărilor privind performanțele acestor tipuri de transportoare au fost efectuate pentru transportul și manipularea cerealelor. Obiectivele cercetărilor au avut în vedere optimizarea parametrilor pentru obținerea unor productivități mari și consumuri energetice reduse.

În prezenta lucrare se analizează influența parametrilor asupra performanțelor transportoarelor în scopul optimizării caracteristicilor constructive și funcționale din punct de vedere al relației dintre productivitate și consumul de energie, la manipularea unui amestec de nisip și pietriș.

2. PARAMETRI CARACTERISTICI TRANSPORTOARELOR ELICOIDALE

Principiul de funcționare al acestor echipamente este deplasarea prin împingere de către spira elicoidală a materialului în lungul jgheabului, acțiune determinată de mișcarea de rotație a arborelui. Datorita rotirii spirei elicoidale, materialul este antrenat într-o mișcare intermitentă și o mișcare de înaintare uniformă în lungul jghiabului. Mișcarea intermitentă apare deoarece după ce materialul s-a rotit cu unghiul φ (unghiul la care are loc surparea materialului) față de planul vertical, materialul alunecă pe spira elicoidală în jos sub acțiunea propriei greutate și mișcarea de rotație încetează.

2.1. TIPURI CONSTRUCTIVE ALE SPIRELOR ELICOIDALE

Spira elicoidală poate fi fabricată cu forme diferite, funcție de caracteristicile materialului ce se vehiculează precum și necesitatea realizării unei amestecări. În figura 1 sunt prezentate cele mai utilizate forme constructive ale spirelor elicoidale.

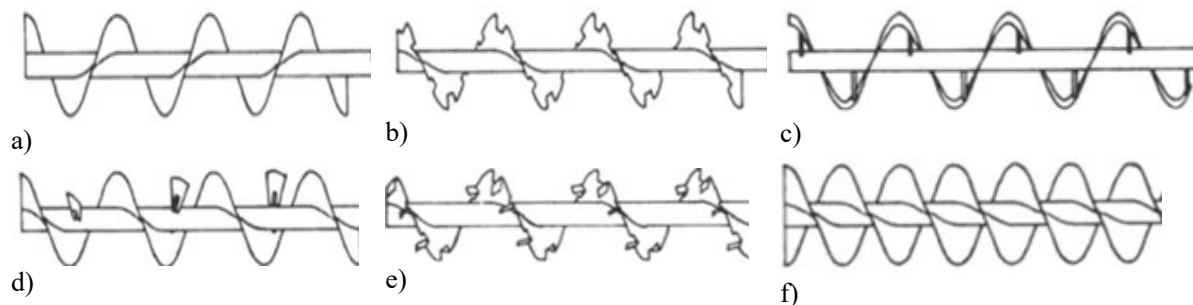


Figura 1. Tipuri constructive ale spirelor elicoidale [1]

unde:

- spiră elicoidale simplă;
- spiră elicoidală cu elice decupate utilizate pentru realizarea transportului și amestecarea materialelor;
- spiră realizată dintr-o bandă de oțel continuă fixată la arbore prin intermediul unor urechi; sunt utilizate pentru transportul substanțelor lipicioase, elastice sau vâscoase;
- spiră elicoidală regulată cu palete de amestecare utilizat pentru transportul și amestecarea materialelor la lungimi mari ale transportorului;
- spiră cu elice tăiate și pliate; elicea pliată ridică o parte din material favorizând aerarea și amestecarea materialului;
- spiră dublă elicoidală – utilizat pentru obținerea unor fluxuri constante, fără

Analiza performanțelor transportoare elicoidale în timpul procesului de manipulare a unui amestec de nisip și pietriș

turbulențe.

O soluție constructivă a elicelor transportoarelor utilizate în vehicularea materialelor pulverulente ușoare prin care au fost reduse pierderile de energie prin frecare este prezentată în; astfel în lucrarea [2] în care se utilizează un transportor cu carcasa flexibilă, cu arborele și tubul exterior din cauciuc, iar elicea este o spiră continuă cu o anumită rigiditate plastică, figura 2.



Figura 2 - Transportor elicoidal flexibil [2];

2.2. PARAMETRI SPECIFICI TRANSPORTOARELOR ELICOIDALE

Un transportor elicoidal se definește prin următorii parametri:

- productivitatea, exprimată prin $[m^3/h]$ Q_v sau $[t/h]$ Q_m ;
- distanța de transport $[m]$;
- unghiul de înclinare $[grade]$;
- turația arborelui $[rot/min]$;
- diametrul transportorului $[m]$;
- puterea necesară antrenării $[kW]$.

Pentru obținerea unor valori optime ale productivității și puterii de acționare, este necesară adoptarea apriori a unor parametri pe baza realțiilor empirice oferite de literatura de specialitate, relații stabilite pe cale statistica urmând efectuarea calculului și adoptarea soluției constructive. Alegerea corespunzătoare a acestor parametri trebuie să fie făcută pe baza informațiilor privind natura materialelor de transportat, condițiile impuse de fluxul tehnologic al instalației integratoare precum și caracteristicile fizice ale locului de funcționare, cum ar fi restricții geometrice de gabarit și poziționare.

Relații generale de calcul ale principalilor parametri sunt:

$$Q_v = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \psi \cdot p \cdot n \cdot \beta; \quad [m^3 / h] \quad (1)$$

$$Q_m = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \psi \cdot p \cdot n \cdot \gamma \cdot \beta; \quad [t/h] \quad (2)$$

$$P_{tot} = \frac{Q_m \cdot (\lambda \cdot L + H)}{367} + \frac{D \cdot L}{20}; [kW] \quad (3)$$

unde: Q_v – productivitatea volumetrică, Q_m – productivitatea masică; P_{tot} – puterea totală necesară manipulării materialului, D – diametrul elicei elicoidale; ψ - coeficient de umplere; p – pasul elicei; n – turația elicei; β - coeficient de rămânere în urmă a materialului; γ - densitatea specifică a materialului; λ - rezistența la înaintare a materialului; L – lungimea activă a elicei; H – înălțimea de transport.

Pentru determinarea celorlalte valori ale parametrilor, se pot utiliza graficele din figurile 2.1 și 2.1. prezentate de C.R. Woodcock și J.S Mason în [1] și relațiile (4.1) și (4.2) indicate de I. Kovacs și O.B. Tomuș în lucrarea [3].

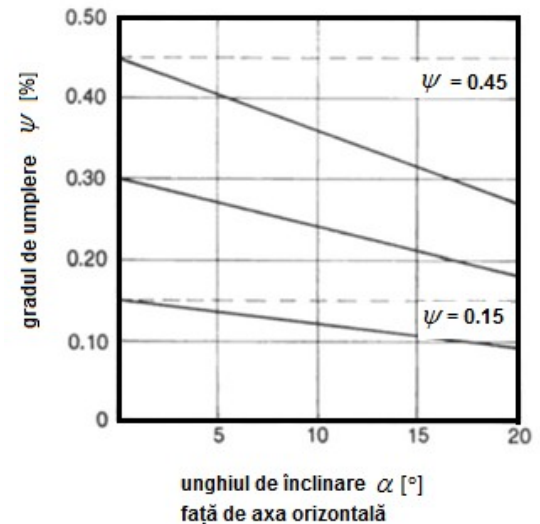
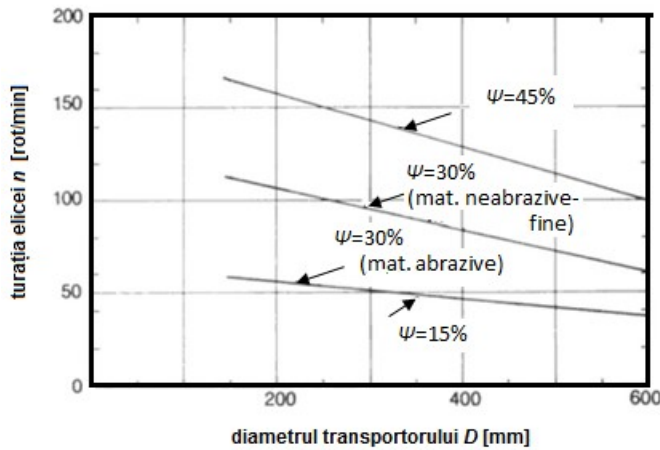


Figura 2.1 – Variația turației funcție de diametrul elicei și tipul materialului [1]

Figura 2.2 - Variația gradului de umplere funcție de unghiul de înclinare al transportorului [1]

$$p = k_1 \cdot D; [m] \quad \text{pentru pasul elicei} \quad (4.1)$$

$$n = \frac{k_2}{\sqrt{D}}; [rot/min], D = [m] \quad \text{pentru turația elicei} \quad (4.2)$$

k_1 - coeficient funcție de forma materialului (măcinat sau bucăți), $k_1 = (0.8 \div 1.0)$;

k_2 - coeficient funcție de tipul materialului (abrazive, neabrazive, ușoare), $k_2 = (30, 45, 60)$;

3. DETERMINAREA PRODUCTIVITĂȚII ȘI PUTERII NECESARE LA VARIAȚIA TURĂȚIE

În cadrul lucrării s-a analizat influența diametrului și viteza de rotație a elicei asupra caracteristicilor de performanță ale transportoarelor elicoidale, în timpul procesului de manipulare a amestecului de nisip și pietriș. Au fost adoptate patru dimensiuni ale diametrelor elicei adoptând ceilalți parametri pe baza referințelor din literatura de specialitate menționate

Analiza performanțelor transportoare elicoidale în timpul procesului de manipulare a unui amestec de nisip și pietriș

mai sus. O primă analiză a fost realizată pentru valorile prezentate în tabelul 3.

Tabelul 1

Valorile parametrilor pentru analiza transportoarelor

Nr. crt.	Parametru		Lungimea elicei L [m]	Pasul elicei [m]	Gr. de încărcare ψ [%]	Unghiul de înclinare α [°]	
	Diam. elicei						
1.	Transportorul 1	$\Phi = 0.3\text{m}$	4.0	0.365	30	20	30
2.	Transportorul 2	$\Phi = 0.4\text{m}$	4.0	0.365	30	20	30
3.	Transportorul 3	$\Phi = 0.5\text{m}$	4.0	0.365	30	20	30
4.	Transportorul 4	$\Phi = 0.6\text{m}$	4.0	0.365	30	20	30

Caracteristicile fizice ale materialului manipulat (amestec nisip cu pietriș) cu relevanță în efectuarea analizei sunt: densitatea, conținutul de umiditate, mărimea particulelor, unghiul de frecare internă, rezistența la înaintare a materialului. Pentru efectuarea analizei s-a variat turația elicei pe cinci trepte, respectiv: 30,60,90,120,150 rot/min, urmărindu-se valoarea obținută pentru productivitate și putere pentru toate cele patru tiposimensiuni ale diametrului elicei.

Pentru determinarea puterii necesare, relațiile de calcul recomandate de literatura de specialitate diferă funcție de unghiul de înclinare al transportorului.

Calculul puterii necesare pentru unghiul de înclinare al transportorului de 20° s-a efectuat utilizând relația (3) conform [4] iar pentru unghiul de 30°, s-a utilizat relația (5):

$$P_{nec} = \frac{M_t \cdot \omega}{1000 \cdot \eta}; [kW] \quad (5)$$

În acest scop, s-a determinat momentul de torsiune la arborele elicei pentru o densitate a materialului de $\gamma = 1,5 [t/m^3]$ și o rezistență la înaintare de $\lambda = 3$ conform [4]. Rezultatele obținute sunt reprezentate în continuare.

Tabelul 2

Valorile productivității și ale necesarului de putere pentru transportoarele evaluate la variația turației elicei elicoidale și unghiul de înclinare $\alpha = 20^\circ$

Turația [rot/min]	Diametrul							
	D ₁ = 0.3 m		D ₁ = 0.4 m		D ₁ = 0.5 m		D ₁ = 0.6 m	
	Q _m [t/h]	N [kW]	Q _m [t/h]	N [kW]	Q _m [t/h]	N [kW]	Q _m [t/h]	N [kW]
n ₁ = 30	12.54	0.488	22.29	0.824	34.83	1.256	50.156	1.784
n ₂ = 60	25.08	0.92	44.58	1.592	69.66	2.456	100.31	3.512
n ₃ = 90	37.61	1.352	66.87	2.36	104.49	3.656	150.46	5.241
n ₄ = 120	50.16	1.784	89.17	3.128	139.32	4.856	200.62	6.969
n ₅ = 150	62.70	2.217	111.45	3.896	174.15	6.05	250.78	8.697

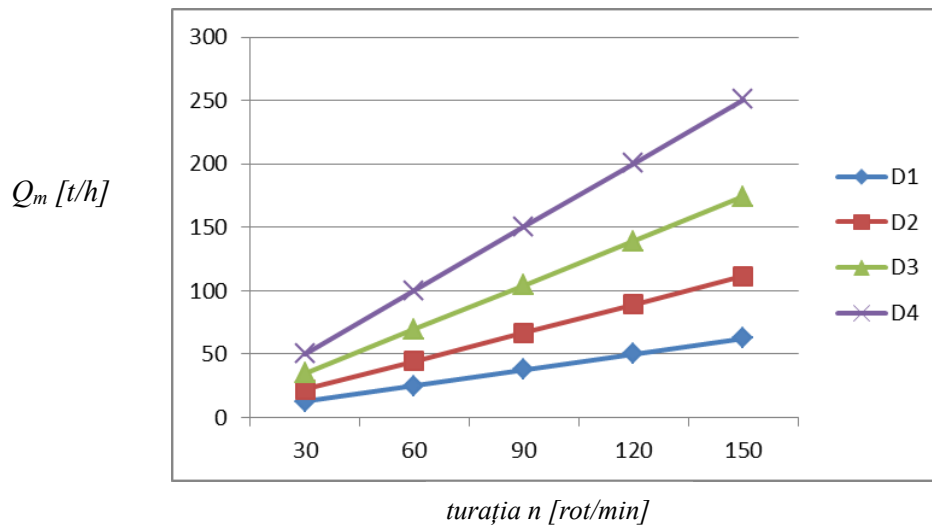


Figura 3 – Graficul variației productivității funcție de turație pentru $\alpha = 20^\circ$

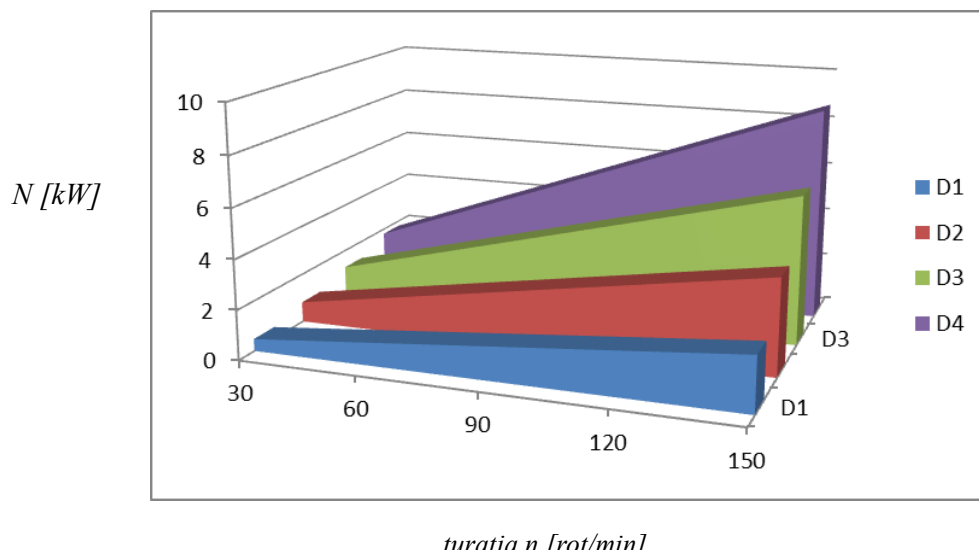


Figura 4 – Graficul variației puterii necesare funcție de turație, pentru $\alpha = 20^\circ$

Analizând rezultatele obținute se constată:

1. la fiecare creștere a turației cu 30 rot/min, productivitatea crește în mod egal cu valoarea obținută la prima treaptă a turației;
2. puterea necesară pentru funcționarea transportoarelor are o creștere liniară pentru primele trei transportoare (cu diametrul de 0.3 m, 0.4 m și 0.5 m) pentru cel cu diametrul de 0.6m panta de creștere fiind mai mare la creșterea turației.

În tabelul 3 sunt prezentate rezultatele obținute pentru cele patru tipodimensiuni ale transportoarelor analizate pentru un unghi de înclinare de 30° .

Analiza performanțelor transportoare elicoidale în timpul procesului de manipulare a unui amestec de nisip și pietriș

Tabelul 3

Valorile productivității și ale necesarului de putere pentru transportoarele evaluate la variația turației elicei elicoidale și unghiul de înclinare $\alpha = 30^\circ$

Turația [rot/min]	Diametrul							
	D ₁ = 0.3 m		D ₁ = 0.4 m		D ₁ = 0.5 m		D ₁ = 0.6 m	
	Q_m [t/h]	N [kW]	Q_m [t/h]	N [kW]	Q_m [t/h]	N [kW]	Q_m [t/h]	N [kW]
$n_1 = 30$	8.33	0.665	14.82	1.576	23.15	3.07	33.34	5.31
$n_2 = 60$	16.67	1.329	29.64	3.15	46.31	6.15	66.69	10.65
$n_3 = 90$	25.0	1.99	44.46	4.72	69.47	9.23	100.03	15.95
$n_4 = 120$	33.34	2.65	59.28	6.30	92.62	12.31	133.38	21.27
$n_5 = 150$	41.68	3.32	74.10	7.87	115.78	15.38	166.72	26.58

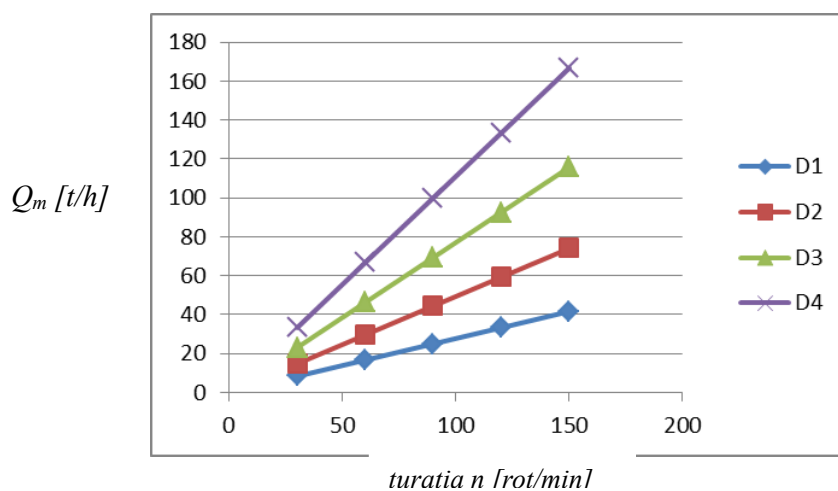


Figura 5 – Graficul variației productivității funcție de turație pentru $\alpha = 30^\circ$

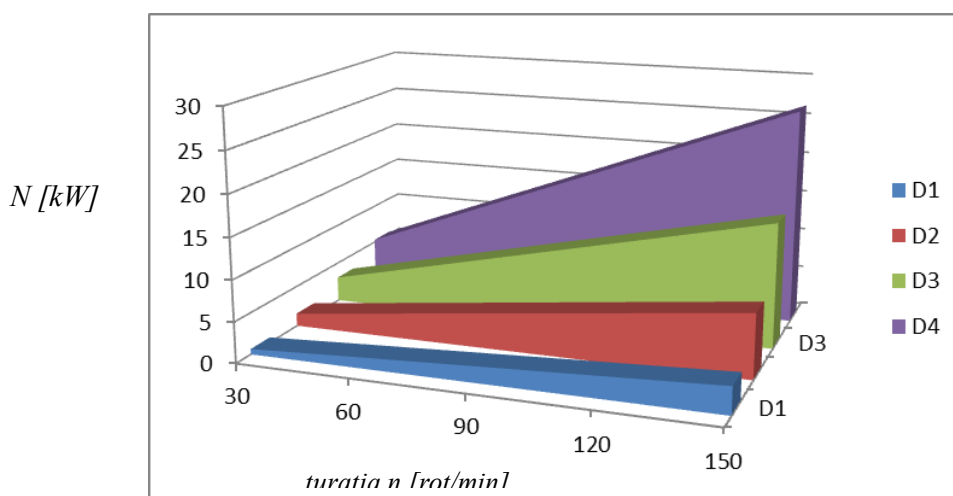


Figura 5 – Graficul variației productivității funcție de turație pentru $\alpha = 30^\circ$
 Rezultatele obținute sunt similare cu cele efectuate pentru unghiul de înclinare de 20° .

Analizând datele de mai sus se determină consumul de energie specifică pe unitatea de masă, tabelul 4, valabile pentru tipodimensiunile analizate, în scopul adoptării parametrilor specifici corespunzători și obținerea unor performanțe energetice ridicate.

Tabelul 4

Energia necesară pe unitatea de masă								
Diametrul transportoarelor								
Turația [rot/min]	D ₁ = 0.3 m		D ₁ = 0.4 m		D ₁ = 0.5 m		D ₁ = 0.6 m	
	Energia unitară P / q							
	α = 20°	α = 30°	α = 20°	α = 30°	α = 20°	α = 30°	α = 20°	α = 30°
n ₁ = 30	0.037	0.08	0.037	0.106	0.036	0.133	0.036	0.159
n ₂ = 60	0.037	0.08	0.036	0.106	0.035	0.133	0.035	0.159
n ₃ = 90	0.036	0.08	0.035	0.106	0.035	0.133	0.035	0.159
n ₄ = 120	0.036	0.08	0.035	0.106	0.035	0.133	0.035	0.159
n ₅ = 150	0.037	0.08	0.035	0.106	0.035	0.133	0.035	0.159

P – puterea; q – masa specifică a materialului.

6. CONCLUZII

Proiectarea unui sistem de transport continuu economic, ce trebuie integrat într-un flux tehnologic, trebuie să plece de la o analiză privind performanțele economice, eficiența energetică, fiabilitatea și productivitatea, astfel încât să fie asigurată funcționarea corectă și la parametri impuși.

După cum se observă din analiza efectuată în tabelul 4, puterea necesară unitară are aceeași valoare la toate cele patru transportoare pentru unghiul de înclinare $\alpha = 20^\circ$. În schimb, pentru $\alpha = 30^\circ$, valoarea acesteia crește odată cu mărirea diametrului elicei, plecând de la o valoare de 0.08 kW/ kg/m³ pentru diametru de D = 0.3 m și ajungând la 0.159 kW/ kg/m³ pentru diametrul elicei de D = 0.6 m. Astfel că, pentru o dimensionare optimă a acestor transportoare, trebuie efectuată apriori o analiză privind puterea necesară în exploatare.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. **C.R. Woodcock, J.S. Mason** - *Bulk Solids Handling: AN introduction to the practice and Tehnology*, Ed. Blackie Academic & Profesional, 1987;
- [2]. **Y. Tian e.g.-** *Research on the Principle of a New Flexible Screw Conveyor and Its Power Consumption*, Applied sciences, nr.8, vol. 1038 din 2018, <https://doi.org/10.3390/app8071038>;
- [3]. **I. Kovacs și O.B. Tomuş** - *Sisteme speciale de transport*, Ed. Universitas Petroșani, 2014;
- [4]. ***** **ISO 7119/1981**, *Continuous mechanical handling equipment for loose bulk materials – Screw conveyors – Desing rules for drive power*;
- [4]. ***** **ANSI/CEMA Standard No. 350** - *Screw Conveyors for Bulk Materials, Fifth Edition*, Published by the Conveyor Equipment Manufacturers Association, ISBN: 978-1-891171-64-2.