

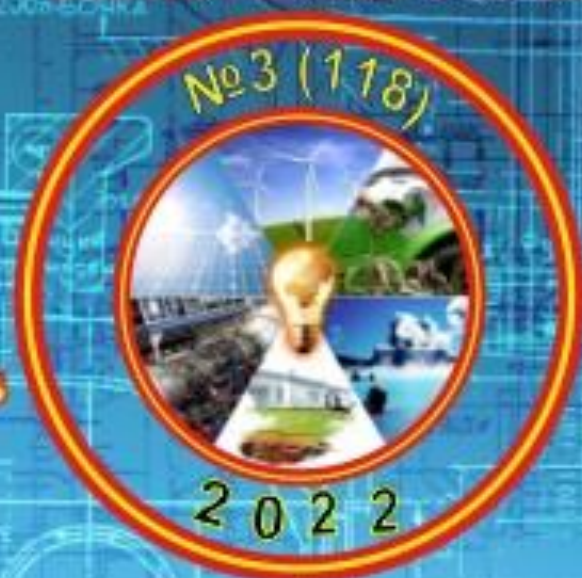


Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-3



Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness

ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 3 (118) / 2022

м. Вінниця - 2022

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2022. № 3 (118). С. 133.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 9 від 23.12.2022 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Анісімов В.Ф., Єленич А.П.***КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТРАКТОРІВ ІНОЗЕМНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА..... 5***Olena Trukhanska***INNOVATIVE APPROACHES AND METHODS OF INCREASING THE TECHNICAL LEVEL MACHINES AND UNITS..... 15***Солона О.В.***ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ..... 19***Serhiy Burlaka***DIESEL FUEL WAYS AND THEIR ELIMINATION METHODS..... 26**

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Веселовська Н.Р., Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОТВЕРДОСТІ ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ПРИ ДЕФОРМАЦІЙНОМУ ПРОТЯГУВАННІ..... 31***Ємчик В.В., Полевода Ю.А., Ревва В.Ю.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ ІНФРАЧЕРВОНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ..... 43***Ivan Sevostianov, Dina Tokarchuk, Andrii Didyk***CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF METHODS AND EQUIPMENT FOR DEHYDRATION OF DAMP DISPERSIVE MATERIALS..... 53***Купчук І.М., Гонтарук Я.В., Присяжнюк Ю.С.***ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМІЇ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ 59***Матвійчук В.А., Савків В.В., Богатюк М.О.***РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ..... 74***Oleksii Tokarchuk, Viktor Yemchuk***PECULIARITIES OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTS BY CONVEYOR SPIRALS..... 83***Стаднік М.І., Колісник М.А.***ДОПУСТИМИЙ РІВЕНЬ СПОЖИВАННЯ БІОГАЗУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТВАРИНИЦЬКОЇ ФЕРМИ..... 90***Швець Л.В., Чмих К.В.***АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ГАРЯЧОГО ДЕФОРМУВАННЯ МЕТАЛІВ..... 95***Яронуд В.М., Шаргородський С.А., Луц П.М., Лавренюк П.П.***СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ У КОНВЕКТИВНІЙ СУШАРЦІ..... 101**

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В.К.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ПЛАВНОГО ПУСКУ..... 110***Граняк В.Ф., Ємчик В.В., Кожушко О.В.***МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЕРВИННОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВОЛОГОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА..... 122**



CONTENTS

I. AGROENGINEERING

*Victor Anisimov, Anatoliy Yelenych***DESIGN FEATURES OF MODERN FOREIGN AGRICULTURAL TRACTORS..... 5***Olena Trukhanska***INNOVATIVE APPROACHES AND METHODS OF INCREASING THE TECHNICAL LEVEL MACHINES AND UNITS..... 15***Olena Solona***APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCTION..... 19***Serhiy Burlaka***DIESEL FUEL WAYS AND THEIR ELIMINATION METHODS..... 26**

II. APPLIED MECHANICS. MATERIALS SCIENCE. INDUSTRY MACHINERY BUILDING

*Nataliia Veselovska, Yuriy Paladiychuk, Inna Telyatnuk***RESEARCH OF THE MICROHARDNESS OF THE SURFACE OF A CYLINDRICAL PART DURING DEFORMATION..... 31***Viktor Yemchyk, Yurii Polievoda, Viktor Revva***JUSTIFICATION OF THE DESIGN SCHEME OF THE INSTALLATION FOR PROCESSING GRANULAR MATERIAL WITH INFRARED RADIATION..... 43***Ivan Sevostianov, Dina Tokarchuk, Andrii Didyk***CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF METHODS AND EQUIPMENT FOR DEHYDRATION OF DAMP DISPERSIVE MATERIALS..... 53***Ihor Kupchuk, Yaroslav Gontaruk, Yurii Prysiazhniuk***PROSPECTS FOR INCREASING THE LEVEL OF ENERGY AUTONOMY OF PROCESSING ENTERPRISES OF AIC OF UKRAINE WITH THE HELP OF BIOGAS PRODUCTION..... 59***Viktor Matviychuk, Volodymyr Savkiv, Maxim Bogatiuk***DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF STAMPING BY ROLLING OF TUBULAR PREPARATIONS USING INDUCTION HEATING..... 74***Oleksii Tokarchuk, Viktor Yemchyk***PECULIARITIES OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTS BY CONVEYOR SPIRALS..... 83***Mykola Stadnik, Mykola Kolisnyk***PERMISSIBLE LEVEL OF BIOGAS CONSUMPTION IN THE PRODUCTION OF ELECTRICITY FOR A LIVESTOCK FARM..... 90***Ludmila Shvets, Kateryna Chmykh***ANALYTICAL RESEARCH METHODS OF HOT DEFORMATION OF METALS..... 95***Vitalii Yaropud, Serhiy Shargorodskiy, Pavlo Luts, Petro Lavreniuk***SIMULATION OF THE DRYING PROCESS OF WALNUTS IN A CONVECTION DRYER..... 101**

III. ELECTRICAL ENERGY, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS

*Oleksandr Voznyak, Andrii Shtuts, Volodymyr Tykhonov***RESEARCH OF STARTING MODES OF ASYNCHRONOUS MOTORS AND DEVELOPMENT OF A SOFT START DEVICE..... 110***Valerii Hraniak, Viktor Yemchyk, Olexander Kozhushko***MATHEMATICAL MODEL OF THE PRIMARY MEASURING CONVERTER OF HUMIDITY TRANSFORMER OIL..... 122**



UDC 621.867.4

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-3-10

PECULIARITIES OF TRANSPORTATION OF GRAIN PRODUCTS BY CONVEYOR SPIRALS**Oleksii Tokarchuk**, Ph.D., Associate Professor

Vinnytsia National Agrarian University

Viktor Yemchyk, director

SRF «Agronomichne»

USEC «All Ukrainian Scientific-educational Consortium»

Токарчук Олексій Анатолійович к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

Ємчик Віктор Володимирович, директор

Науково-дослідне господарство «Агрономічне»

ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»

Under the current conditions of price growth, the expansion of agricultural enterprises and the creation of new ones based on them, the economic feasibility and practical possibility of purchasing the necessary equipment has significantly decreased. In connection with this and with the aim of expanding the functional capabilities of the technical means available in farms, the application of devices to serial machines is becoming more and more effective. The article presents an overview of modern attached screw equipment for quick unloading of motor vehicles. When designing screw equipment, it is necessary to take into account the peculiarities of their transport properties. The transportation of bulk goods by angle screw equipment depends on the frequency of rotation and the level of filling of the conveyor with the product. Structural and mechanical properties primarily depend on the density of packing of particles of loose material, their relative mobility. The mechanical properties of such a structure can be described by the equivalent modulus of elasticity and the equivalent Poisson's ratio. The nature of energy transfer in a loose material is largely determined by the forces of friction and adhesion at the points of contact of its particles. A characteristic feature of screw conveyors is that the screw working body is freely (without supports) located in an elastic or rigid casing and along its inner surface transports the material to the unloading area. The article presents the main theoretical ratios for determining the effectiveness of hinged screw products. A study was conducted to determine the influence of the main technical parameters on the performance of high-speed conveyors at a large angle.

Key words: screw conveyor, grain product, productivity, rotation frequency, friction coefficient, slope.

F. 21. Fig. 5. Ref. 10.

1. Analysis of last researches and publications

High angle screw conveyors for transporting bulk agricultural produce are the same in structure and principle of operation as screw conveyors for vertical lifting. They are used for the mechanization of transshipment operations with bulk goods and can be stationary, mobile, and mounted on vehicles. [1, 2, 3].

The productivity of such conveyors is 60...200t/h, the maximum productivity of the equipment in Western European countries reaches 350...400t/h. The highest grain drop height is 6.5 m.

2. Problem formulation

Many Western countries manufacture mounted screw products for quick unloading of vehicles.

The company "Fliegt" (Germany) produces tractor trailers for the transportation and transshipment of grain and mineral fertilizers, which are equipped with a replaceable screw side to the tractor trailer ASW "Gigant", a metal screw with the diameter of 450 mm, productivity of 350 t/h, a reloading height of 4.5 m. The screw folds and unfolds with a hydraulic drive, driven by the tractor's power take-off.

The company "Pronar" (Poland) offers loaders for transportation of grain and corn from harvesters to trucks with simultaneous weighing. They are equipped with mounted foldable high-speed screw conveyors (Fig. 1. a). Productivity of the screw conveyors is within 200...400 t/h.

Thanks to fast unloading, such reloaders can save up to 30% of the harvester's operation time. The company "Pronar" manufactures two models of reloaders - T740 with a carrying capacity of 15.3 tons and

T743 with a carrying capacity of 23 tons (Fig. 1. b).

The manufacturer of similar products in Ukraine is "Zavod Kobzarenko". Currently, the core business of the plant is manufacturing and sales of 15 types of tractor trailers and a wide range of screw products, such as reloading storage hopper PBN-20/1 (ПБН-20/1), PBN-16/2 (ПБН-16/2), PBN-30/2 (ПБН-30/2) (Fig. 1. c). The plant also manufactures the following screw products: foldable screw RSh-200/4.2 (РШ-200/4,2); hydraulic foldable screw GRSH-300/4.2 (ПШ-200/4,2) (Fig. 1. d); foldable screw RSh-250/4.5 (РШ-250/4,5) for KamAZ vehicles, etc.



a



b



c



d

Fig. 1. Tractor vehicles equipped with unloading high-speed conveyors: a) tractor-trailer ASW "Gigant" by "Fliegt" (Germany); b) reloader T743 by "Pronar" (Poland); c) reloading storage hopper PBN-30/2, Kobzarenko plant (Ukraine); d) Hydraulic foldable screw GRSH-300/4.2 Kobzarenko plant (Ukraine)

3. Aim of the researches

In order to increase the operational and functional capacity of the high angle screw conveyors, rational technological and technical parameters should be substantiated and confirmed by experimental studies

4. Results of the researches

Presentation of basic material of the research. When designing such conveyors, the peculiarities of their transport properties are taken into account. In contrast to the low angle screw conveyors, the ability of transporting bulk products by a high angle screw conveyor depends on the rotation frequency and on the cargo fill-up level of the conveyor casing [5, 7].

The general productivity formula can be theoretically described as:

$$\Pi_T = \rho \cdot A \cdot v_{\text{п}}, \quad (1)$$

where A – cross-sectional area of the flow, m²; ρ – specific weight of the cargo; v_п – axial velocity of the material, m/s.

The screw transportation process is influenced by: screw rotation frequency; screw inclination K_β = 1.0...0.3; the method of loading and unloading is taken into account by the coefficients K_z = 1.0...0.5, K_r = 1.0...0.94.



Effective volume of material per pitch:

$$V_{\text{д}} = A \cdot S = \psi \cdot V, \quad (2)$$

where A – cross-sectional area of the flow, m²; S – pitch ratio; $\psi = 0,2 \dots 0,9$ – filling factor; V – gutter volume per pitch.

$$V = 0,25\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot S, \quad (3)$$

where D – screw diameter, m; d – shaft diameter, m.

After relevant substitutions and transformations, we get the movement speed with known geometric and technical parameters of the screw conveyor:

$$V_{\Pi} = \frac{4\Pi}{\pi \cdot K_{\Pi} \cdot K_3 \cdot \psi \cdot \rho \cdot (D^2 - d^2)}, \quad (4)$$

where Π – productivity, t/s; ρ – the cargo's bulk density, t/m³.

At the inclinations of the conveyor to the horizon (45°...70°) and its partial fill-up, the particles of the bulk product at a low speed of rotation of the screw create a complex movement, detaching from the casing and the screw surface and do not move in the direction of transportation.

At the inclinations $\beta > 40^\circ \dots 45^\circ$, it is irrational to use screw conveyors with a low screw speed, as this significantly reduces productivity and too much power is spent on mixing and grinding the cargo.

The smallest rotary speed of the screw ω , at which cargo transportation is possible with any filling factor, can be determined by the formula [4]:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{-g \cos\left(\frac{\beta}{0,75} + \alpha + \rho_B\right)}{r \cdot \mu_k \cos(\alpha + \rho_B)}}, \quad (5)$$

where β – inclination of the conveyor; α – pitch angle; ρ_B – friction angle between the cargo and the screw surface; μ_k – friction ratio between the cargo and the case; r – outer radius of the screw; g – 9,81 m/s² - acceleration of gravity.

With greater filling of the casing, or an increase in the rotation frequency of the screw, the cargo particles pressed against its inner surface move along the casing in spiral trajectories. If the inclinations $\beta > 70^\circ$, then the cargo particles always move without breaking away from the casing and the screw surface, but the transportation is also partial; it occurs only with almost full fill-up. With this type of fill-up the cargo layer, which is located near the outer diameter of the screw, is more strongly pressed against the casing and, while sliding along the screw surface, moves along with it.

The filling factor of the screw conveyor casing ψ can be determined by the curves (Fig. 2), which characterize the dependence of the factor ψ on the angle of inclination of the conveyor β and the centrifugal force for bulk goods [2].

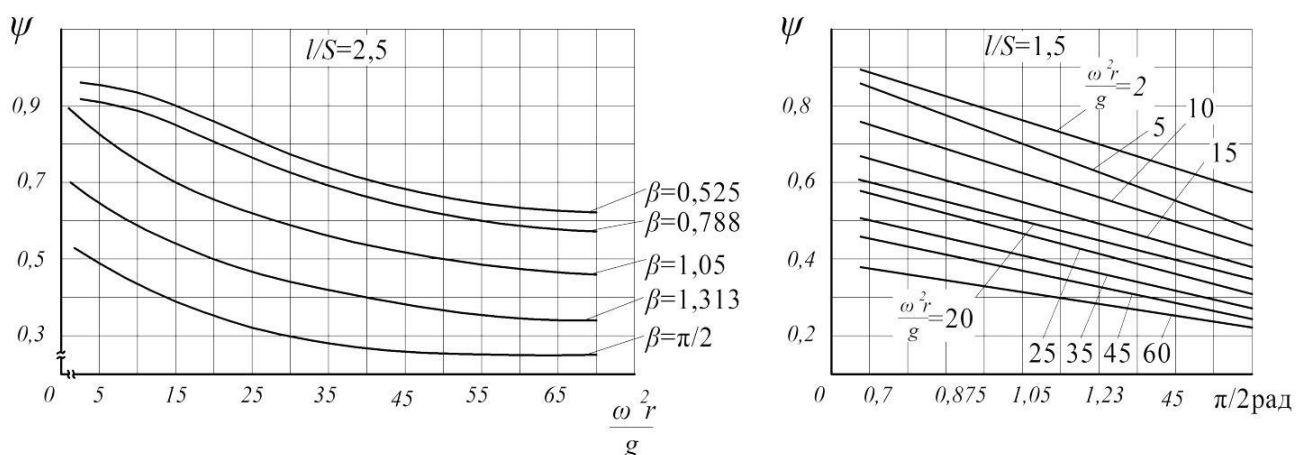


Fig. 2. Dependence of the filling factor ψ of a high angle screw conveyor on the inclination of the conveyor β and centrifugal forces (presented as a function of $\frac{\omega^2 r}{g}$)

Basic Theoretical Correlations. Let's consider the speeds at which the cargo is forced to move.

Let's determine the absolute v_a , rotational speed v_b (Fig. 2.), as well as the speed of movement (assuming that the load is concentrated at point A) [4, 6].

$$v_a = \frac{v_b}{\cos \varepsilon}. \quad (6)$$



$$v_B = v_n \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (7)$$

E is the trajectory inclination of the absolute motion of the cargo to the generator of the cylindrical casing of the screw passing through point A.

We assume that the cargo is uniformly concentrically placed in the conveyor pipe.

To determine the angle ε , let's consider the balance of forces applied to particle A (Fig. 3) placed in the lower part on the surface of the casing at an arbitrary angle φ from the normal to the direction of cargo transportation:

$$\begin{cases} F_K \cdot \sin(\varepsilon - \alpha) = mg \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha - mg \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha + F_T \\ F = F_K \cdot \cos(\varepsilon - \alpha) + mg \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha + mg \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (8)$$

where β – conveyer's inclination to the horizon, degrees.

By substituting the values $F_T = f \cdot F$, and taking out the force F, we obtain:

$$F_K = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\alpha + p) \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot \cos(\alpha + p) \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi}{\sin(\varepsilon - \alpha - p)}. \quad (9)$$

On the other hand the force F_K , can be written with the following equation:

$$F_K = \frac{f \cdot m \cdot v_n^2 \operatorname{tg}^2 \varepsilon}{R} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi. \quad (10)$$

The maximal value of the force F_K will be at $\varphi = 0$. Then, by equating the right sides of these equations we obtain:

$$\frac{f \cdot v_n^2 \operatorname{tg}^2 \varepsilon}{R} + f \cdot g \cdot \cos \beta = \frac{g \cdot \sin(\alpha + p) \cdot \sin \beta}{\sin(\varepsilon - \alpha - p)}. \quad (11)$$

We modify the Equation (11) to look as follows:

$$v_n = \operatorname{ctg} \varepsilon \sqrt{R \cdot g \left[\frac{\sin(\alpha + p) \cdot \sin \beta}{f \cdot \sin(\varepsilon - \alpha - p)} - \cos \beta \right]}. \quad (12)$$

In equation (12), the value of the angle ε is unknown. It is easy to determine by the method of successive approximations

By substituting different values of the angle ε into equation (12), we can achieve the equality of the left and right sides, while the initial value of the angle ε can be taken as:

$$\varepsilon = \alpha + p + 30^\circ. \quad (13)$$

$$\begin{cases} F_K \cdot \sin(\varepsilon - \alpha) = mg \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha + F_T \\ P = F_K \cdot \cos(\varepsilon - \alpha) + mg \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \end{cases} \quad (14)$$

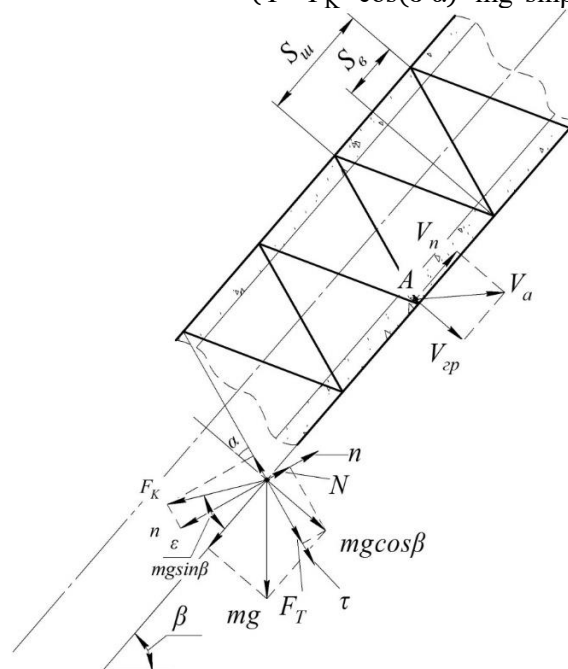


Fig. 3. Schemes of forces acting on a particle of cargo for a high angle high-speed conveyor

By substituting $F_T = f P$ and deleting the force P from this equations, we obtain:

$$F_K = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\alpha + p) \cdot \sin \beta}{\sin(\varepsilon - \alpha - p)}. \quad (15)$$



The value of the force F_K can be expressed from the equation:

$$F_K = \frac{f \cdot m \cdot v_n^2 \cdot \text{tg}^2 \varepsilon}{R} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta \quad (16)$$

By equating the right sides of these equations and shortening by m , we obtain:

$$\frac{f \cdot v_n^2 \cdot \text{tg}^2 \varepsilon}{R} + f \cdot g \cdot \cos \beta = \frac{g \cdot \sin(\alpha + \rho) \cdot \sin \beta}{\sin(\varepsilon - \alpha - \rho)} \quad (17)$$

By solving v_n we obtain:

$$v_n = \text{ctg} \varepsilon \sqrt{R \cdot g \left[\frac{\sin(\alpha + \rho) \cdot \sin \beta}{f \cdot \sin(\varepsilon - \alpha - \rho)} - \cos \beta \right]}. \quad (18)$$

After we determine the angle ε .

According to equations (6) and (7), we determine the speed v_a and v_b .

The number of the screw rotations and the rotary speed can be determined by the formulas

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (19)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (20)$$

where ω – circular speed at the edge of the screw.

$$v = v_n (\text{ctg} \alpha + \text{tg} \varepsilon), \quad (21)$$

where v_n – the speed of moving the cargo along the axis of the screw.

The results of the calculations and research.

Having carried out the appropriate calculations according to the described methodology, it can be stated that for the high angle screw high-speed conveyor, which is shown in fig. 1.b, the productivity is 60t/h, and the cargo delivery height is 2.5m, with the inclination of the track $\beta = 60^\circ$, the following results were obtained during the transportation of wheat:

- external diameter of the screw $D = 300\text{mm}$;
- screw shaft diameter $d = 60\text{mm}$;
- the speed of cargo movement along the axis of the screw is 0.7 m/s
- critical rotary speed $\omega_k = 11.87 \text{ s}^{-1}$;
- circular speed at the edge of the screw = 4.02 m/s;
- the actual number of the screw rotations = 256 min^{-1} ;
- actual rotary speed $\omega_f = 26.79 \text{ s}^{-1}$;
- the power used to move the load – 1,78 kWt

To determine the influence of the main technical parameters on the performance of high angle high-speed screw conveyors, studies were conducted, the results of which are presented in Fig. 4 and Fig. 5

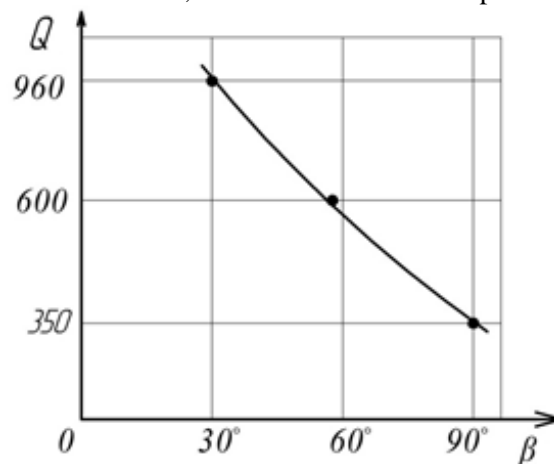


Fig. 4. Dependence of productivity Q on the angle of inclination of the screw β at the number of rotations of the screw = 256 min^{-1}

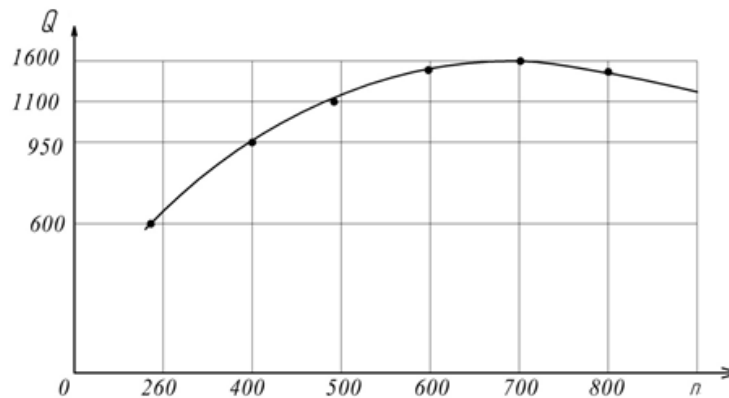


Fig. 5. Dependence of productivity Q on the rotation frequency of the screw at the angle of inclination of the screw $\beta = 60^\circ$

On the basis of the obtained results (Fig. 4), we can conclude that with an increase in the angle of inclination from 30° to 90° , the productivity decreased by approximately 2.75 times, at a rotation frequency of the screw surface of 256 rpm. This can be explained by the fact that the load moves along a helical trajectory with a smaller pitch than the pitch of the screw itself. In reality though, the trajectory is more complex, as the cargo is heterogeneous, partially mixed and unevenly loaded through the neck.

On the basis of the obtained results (Fig. 5) we can conclude that with an increase in the rotation frequency, the productivity initially increases to a certain value, and then partially decreases, for example, for wheat grain, the productivity increases to a frequency of approximately 700 rpm, at an angle of inclination $\beta = 60^\circ$, and then decreases. This can be explained by the fact that at high rotary speeds the grain is thinned by air and moves more.

5. Conclusions

1. High angle screw conveyors with a slow rotation of the screw can transport bulk cargo when the conveyor casing is filled at a certain rate;
2. At the angles of $\beta > 35\dots 45^\circ$, it is impractical to use screw conveyors with a low rotation speed, because of decrease in productivity, and the power is partially spent on moving and grinding products;
3. The critical rotation frequency of the screw, at which it is possible to lift the cargo particles for high angle screw conveyors, is determined by the formula (3);
4. The movement of cargo particles along the screw axis depends on many factors: speed increases; with an increase in the lift angle of the screw; with a decrease in the screw radius; with a decrease in the friction ratio between the parts of the cargo and the screw, and with an increase in the friction ratio between the particles of the cargo and the casing wall

References

- [1] Liubin, M.V., Tokarchuk, O.A., Litynskyi, S.D. (2014). Obgruntuvannia parametriv robochoho orhanu dlia avtomatyzovanoho protsesu dozuvannia kontsentrovanykh kormiv [Justification of the parameters of the working body for the automated process of dosing concentrated feeds]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU, Seriya Tekhnichni Nauky*, 2 (85). 164–169. [in Ukrainian].
- [2] Tokarchuk, O.A., Yaropud, V.M. (2019). Zalezhnist mizh ekspluatatsiinymy vymohamy i parametramy ratsionalnogo vyboru konstrukttsii vibratsiinoho konveiera [Dependence between operational requirements and parameters of a rational choice of a vibrating conveyor design]. *Vibration in engineering and technology*, 3 (94). 45–51. [in Ukrainian].
- [3] Liubin, M.V., Tokarchuk, O.A., Yelenich, M.P. (2013). *Rozrakhunky pidiimalnykh mekhanizmiv ta mashyn* [Calculations of lifting mechanisms and machines]. VNAU: Vinnytsia. [in Ukrainian].
- [4] Hevko, R.B., Liubin, M.V., Tokarchuk, O.A., (2016). Rozrobka ta doslidzhennia parametriv sektsiinoho skrebkovoho robochoho orhanu dlia trubchastoho transportera-zmishuvacha [Development and research of the parameters of the sectional scraper working body for the tubular conveyor-mixer.]. *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy*, 4. 186–191. [in Ukrainian].
- [5] Tokarchuk, O., Polievoda, Y. (2020). Development of new ball safety couplings and justification of the basic technical parameters which ensure the reliability of the technical work. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, 82 (2). 49–60. [in English].



- [6] Hevko, R.B., Yazlyuk, O., Liubin, M.V, Tokarchuk, O.A., Klendii, O.M., Pankiv, V.R. (2017). Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors. *INMATEH – Agricultural Engineering, 1 (51)*. 49–58. [in English].
- [7] Tokarchuk, O.A. (2015). Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen z vyznachennia tiahovoho zusyillia robochykh orhaniv trubchastoho transportera- zmishuvacha na riznykh diliankakh tekhnolohichnoi trasy [The results of experimental studies on the determination of the traction force of the working bodies of the tubular conveyor-mixer at different sections of the technological route]. *Engineering, Energy, Transport AIC, 2 (90)*. 108–111. [in Ukrainian].
- [8] Hevko, R.B., Tokarchuk, O.A. (2011). Obgruntuvannia parametriv konstruktsii robochoho orhanu shaibovoho transportera [Justification of the design parameters of the puck conveyor working body]. *Visnyk KhNTUSH. im. P. Vasylenka, 114*. 241–246. [in Ukrainian].
- [9] Pankiv, V.R., Tokarchuk, O.A. (2017). Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor. *INMATEH – Agricultural Engineering, 1 (51)*. 59–68. [in English].
- [10] Liubin, M.V., Tokarchuk, O.A. (2010). Osnovni teorii napruzhenoho stanu vantazhu ta formuvannia enerhetychnykh vytrat pry transportuvanni vantazhu skrebkovymy konveieramy [The main theories of the stress state of the cargo and the formation of energy costs during the transportation of cargo by scraper conveyors]. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka, 103*. 128–136. [in Ukrainian].

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ

За нинішніх умов зростання цін, розширення сільськогосподарських підприємств і створення на їх основі нових значно знизилась економічна доцільність та практична можливість придбання необхідної техніки. У зв'язку з цим та з метою розширення функціональних можливостей наявних у господарствах технічних засобів все ефективнішим стає застосування пристроїв до серійних машин.

У статті представлений огляд сучасного навісного шнекового обладнання для швидкого розвантаження автотранспорту. При проектуванні шнекового обладнання необхідно враховувати особливості їх транспортних властивостей. Транспортування сипучих вантажів кутовим шнековим обладнанням залежить від частоти обертання та від рівня заповнення конвеєра продуктом.

Структурно-механічні властивості насамперед залежать від щільності укладання часток сипкого матеріалу, відносної їх рухливості. Механічні властивості такої структури можна описати еквівалентним модулем пружності та еквівалентним коефіцієнтом Пуассона. Характер передачі енергії в сипкому матеріалі значною мірою визначається силами тертя та зчеплення в місцях контактів його часток. Характерна особливість гвинтових конвеєрів полягає у тому, що гвинтовий робочий орган вільно (без опор) розташовується у еластичному або жорсткому кожусі та по його внутрішній поверхні транспортує матеріал у зону вивантаження.

Представлені в статті основні теоретичні співвідношення для визначення ефективності навісних гвинтових виробів. Проведено дослідження щодо визначення впливу основних технічних параметрів на продуктивність високошвидкісних конвеєрів під великим кутом.

Ключові слова: шнековий конвеєр, зернопродукт, продуктивність, частота обертання, коефіцієнт тертя, нахил.

Ф. 21. Рuc. 5. Літ. 10.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleksii Tokarchuk – Ph.D., Associate Professor of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions” of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

Viktor Yemchyk – director of the SRF «Agronomichne» USEC «All Ukrainian Scientific-educational Consortium» (Agronomichne village, Vinnytsia region, 23227, Ukraine, e-mail: agronomichne@ukr.net).

Токарчук Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

Ємчик Віктор Володимирович – директор НДГ «Агрономічне» ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (с. Агрономічне, Вінницька область, 23227, Україна, e-mail: agronomichne@ukr.net).