INVESTIGATING THE FORCE PARAMETERS OF FORMING THE SCREW PURIFYING ELEMENTS
/
ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГВИНТОВИХ ОЧИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Prof. Ph.D. Eng. Hevko Iv.B., Prof. Ph.D. Eng. Dychun A.Y. Eng. Gypka A.B.
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ruska Str., 56, Ternopil, Ukraine
E-mail: gypkab@gmail.com

Abstract: The design of disk digger with the possibility of cleaning work surfaces drives. The analysis and the choice of Γ-like screws. An appropriate power and kinematic calculations suggested screw disc cleaners root crop.

Key words: digging disk, auger cleaner, Γ-shaped ,cleaner.

INTRODUCTION

Γ-shaped spiral augers have great future application in transport and technological systems. In particular such helix widely used to supply dry, wet, sticky, lumpy, fibrous products in agriculture, food, building, chemical and other industries and so on. But they possess additional characteristics that, depending on the inclination of the spiral can manifest themselves as functions increasing resistance to movement of of the transported of the material to the surface of displacement, or vice versa - reducing friction material is transported to the surface displacement. In the first case, this phenomenon can be widely used in the performance of processes wiping or shredding of different materials, and the second - in the performance Branch of processes and cutting of various materials from the surface moving.

The problem of efficiency of screw conveyors are devoted to work Grigoriev A.V. Hevko B.M. [1] Rohatyn R.M. and othersin which there were investigated creation and operation of screw mechanisms. The issues involved in separation woroch root Pylypets M.I. Hevko R.B. Tkachenko I.G. Vyvyurka and others. The study profiling helical spirals and transporting processes relevant Γ-shaped screws engaged Rohatynskiy R.M., Vasylkiv V.V. [2] and other scientists.

MATERIAL AND METHOD

The aim of this research is the development of cleaner screw design for efficient purification discs digging root crops from contamination that will reduce energy costs when operating mechanism and improving the quality of cleaning root crops.

The process is accompanied by significant excavation of roots and soil sticking to the surfaces of the disk Vorukh archeologists. Therefore, Γ-shaped spiral augers which are equipped with a digging device to effectively carry out their cleaning process, accompanied by the removal woroch spiral from the working surface of the disk digger. Accordingly, under these conditions the strength necessary to overcome the resistance movement of material important impact angle of inclination μ helical spiral in its cross section (Fig. 1). Therefore the most appropriate use of spiral inclined towards the outer contour of transportation, because the normal force vector between the coil and casing $\bar{N}_1$, acting on the load side of the coil, directed in the direction of the tangent to the casing at an

Резюме: Розроблено конструкцію дискового копача із можливістю очищення робочих поверхонь дисків. Проаналізовано й обґрунтовано вибір Γ–подібних шнекових очисників. Проведено силовий і кінематичний розрахунок запропонованих шнекових очисників дискових копачів коренеплодів.

Ключові слова: диски копачів, шнекові очисники, Γ-подібні, очищення.

ПЕРЕДМОВА

Γ-подібні спіралі шнеків мають значну перспективу застосування у транспортно-технологічних системах. Зокрема такі спіралі широко використовуються для подачі сухих, вологих, клейких, кускових, волокнистих продуктів у сільськогосподарському виробництві, в харчовій, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості тощо. Проте вони володіють додатковими характеристиками, що, в залежності від нахилу спіралі, можуть проявлятися в якості функції збільшення опору переміщення транспортованого матеріалу до поверхні переміщення, чи навпаки – зменшення тертя переміщуваного матеріалу до поверхні переміщення. В першому випадку це явище можна широко використовувати при виконанні процесів протирання чи подрібнення різних матеріалів, а в другому - при виконанні процесів відділення та підрізання різних матеріалів від поверхні переміщення.

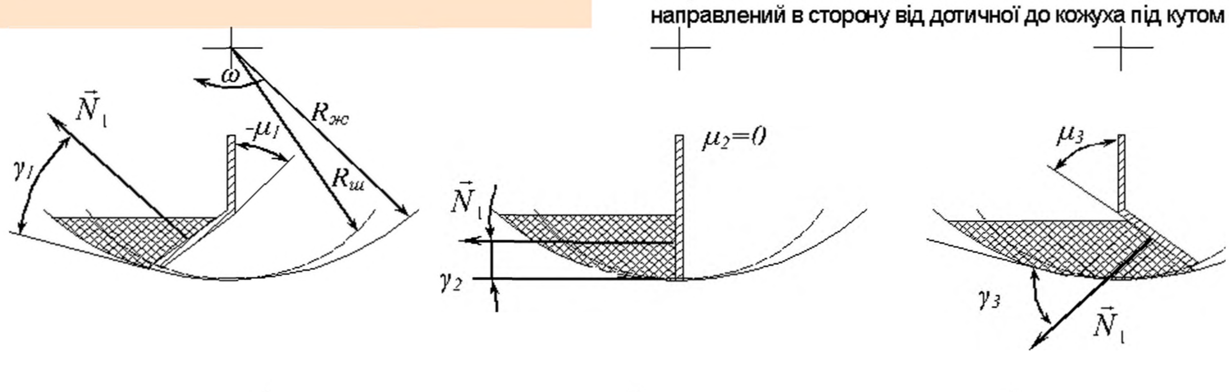
Проблемі ефективності роботи шнеків транспортерів присвячені праці Григорьева А.В. , Гевка Б.М. [1] , Рогатинського Р.М та інших, в яких були проведені дослідження створення та функціонування гвинтових механізмів. Питаннями сепарації вороху коренеплодів займалися Пилипець М.І., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Вивюрка та інші. Дослідженням профілювання гвинтових спіралей та процесами транспортування профільними Γ-подібними шнеками займалися Рогатинський Р.М., Васильків В.В. [2] та інші вчені.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА

Метою даного дослідження є розроблення конструкції шнекового очисника для ефективного очищення викопуючих дисків коренеплодів від забруднення, що забезпечить зменшення енерговитрат при роботі механізму й підвищення якості очищення коренеплодів.

Процес викопування коренеплодів супроводжується значним налипання ґрунту й вороху на поверхнях дискових копачів. Тому Γ-подібні спіралі шнеків, якими оснащуються викопуючі пристрої, дозволяють ефективно проводити процес їх очищення, що супроводжується зняттям вороху спіраллю з робочої поверхні диска копача. Відповідно за таких умов на силу, необхідну для подолання опору переміщення матеріалу, важливе значення має вплив кута нахилу μ гвинтової спіралі у її поперечному перерізі (рис. 1). Виходячи з цього найбільш доцільно використовувати спіраль з нахиленим зовнішнім контуром у напрямку транспортування, бо вектор нормальної сили між витком і angle γ1.

кожухом $\vec{N}_1$, який діє на вантаж зі сторони витка, направлений в сторону від дотичної до кожуха під кутом γ1.



а) б) в)

Fig. 1 - Estimated circuit for determining the effect of slope angle helical tape in cross-section of the process jamming material: a) spiral slope in the direction of transportation; b) radial spiral; c) the slope of the spiral in the opposite direction to the direction of transport

Investigating the force parameters of forming the screw purifying elements

The process of manufacturing the screw purifying elements is as follows:

1. Bending the shelf on a tape using the rollers.
2. Coiling the given tape with a shelf around a collet.

The process of coiling such a tape around the collet is shown in Fig.2.

Виготовлення гвинтових очисних елементів проходить в такій послідовності:

1. Гнуття полички на стрічці за допомогою роликів.
2. Навивання одержаної стрічки з поличкою на оправу.

Розглянемо процес навивання такої стрічки на оправу, який представлено на рис. 2.

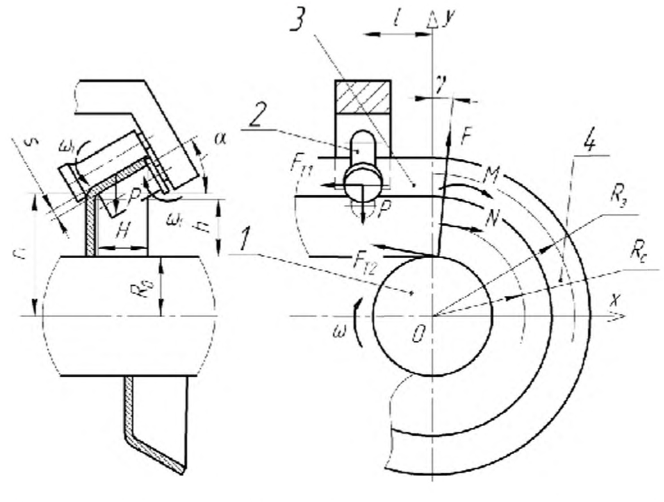


Fig. 2 - Computational model of coiling the tape around the collet. 1 – collet; 2 – clamp roller; 3 – tape; 4 – screw element

While coiling, the compression of tape fibers along the inner diameter occurs, as well as the tension of tape fibers along the outer diameter of the screw-purifying element. That is, in the shelf's zone, only the strain deformations occur, as well as in the workpiece's vertical part – the compressive deformations. Having considered the process of deformation in the hot state, the moment of tape bending in these zones can be defined.

As it is known, the radial stresses, occurring in the tape shelf, are determined by the formula [1]:

В процесі навивання відбувається стиснення волокон стрічки на внутрішньому діаметрі і розтяг волокон стрічки на зовнішньому діаметрі гвинтового очисного елемента. Тобто в зоні полички виникають лише деформації розтягу, а на вертикальній частині заготовки – деформації стиску. Визначимо момент згину стрічки в цих зонах, розглянувши процес деформації в гарячому стані.

Як відомо, радіальні напруження, що виникають у поличці стрічки визначаються за формулою [1]:

$$\sigma_{\rho 1} = -\beta \sigma_s \cdot \ln \frac{R}{\rho} \qquad (1)$$

where β – the coefficient, which depends on the impact of the mean primary stress, equals 1.15;

σs – the liquid limit of screw clamping element material, MPa;

R – the outer bending radius, mm;

ρ – the polar coordinate of bending radius, mm.

де β - коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження, дорівнює 1,15;

σs – границя текучості матеріалу гвинтового затискного елементу, МПа;

R – зовнішній радіус гнуття, мм;

ρ - полярна координата радіуса гнуття, мм.

Similarly, the radial stresses in the compression zone can be determined [2]:

Аналогічно визначаємо радіальні напруження в зоні стиску [2]:

$$\sigma_{\rho 2} = -\beta\sigma_s \cdot \ln\frac{\rho}{r}, \tag{2}$$

where r – the inner bending radius, mm.

Tangential stresses in the tension zone:

де r – внутрішній радіус гнуття, мм.

Тангенціальні напруження в зоні розтягу:

$$\sigma_{\theta 1} = \beta\sigma_s \cdot \left(1 - \ln\frac{R}{\rho}\right) \tag{3}$$

Tangential stresses in the compression zone:

Тангенціальні напруження в зоні стиску:

$$\sigma_{\theta 2} = -\beta\sigma_s \cdot \left(1 + \ln\frac{\rho}{r}\right) \tag{4}$$

According to the computational model in Fig. 1, the radius of bending the workpiece's shelf changes from r1 to r (x), where

Згідно розрахункової схеми на рис. 1 радіус гнуття полички заготовки змінюється від r1 до r(x), де

$$r(x) = r_1 + x \cdot \mathrm{tg}\,\alpha \tag{5}$$

where r1 – the smallest inner radius of bending the shelf, mm;

α - the inclination angle of the shelf, grade.

The outer radius of bending the workpiece:

де r1 – найменший внутрішній радіус гнуття полички, мм;

α - кут нахилу полички, град.

Зовнішній радіус гнуття заготовки:

$$R(x) = r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x \cdot tg\alpha, \tag{6}$$

where s – the tape thickness, mm.

The value of bending moment while coiling with heating is considered as the integral sum from tangential stresses along the height of elementary elements' workpiece.

де s – товщина стрічки, мм.

Значення моменту гнуття під час навивання із підігрівом визначемо як інтегральну суму по висоті заготовки елементарних елементів від тангенціальних напружень

$$M = \int_0^H \int_{r(x)}^{R(x)} \sigma_{\theta 1}\rho d\rho dx + s\int_{R_0}^{R_0+h} \sigma_{\theta 2}\rho d\rho, \tag{7}$$

where $\rho_н$ - the radius of neutral surface of stresses, mm;

h – the height of the workpiece's vertical part, mm;

H – the height of the screw element's shelf, mm;

Using formulas (3) – (6) in the equation (7) we obtain:

де $\rho_н$ - радіус нейтральної поверхні напружень, мм;

h – висота вертикальної частини заготовки, мм;

H – висота полички гвинтового елемента, мм.

Підставляючи формули (3) - (6), у рівняння (7) одержуємо:

$$M = \int_0^H \int_{r_1 + x tg\alpha}^{r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x tg\alpha} \beta\sigma_s \cdot \left(1 - \ln\frac{r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x \cdot tg\alpha}{\rho}\right) \cdot \rho d\rho dx + s\int_{R_0}^{R_0+h} -\beta\sigma_s \cdot \left(1 + \ln\frac{\rho}{R_0}\right)\rho d\rho \tag{8}$$

where R_0 - the collet radius, mm;

Having transformed the equation (8), we obtain:

де R_0 - радіус оправи, мм;

Після перетворень рівняння (8) одержуємо:

$$\begin{aligned} M = {} & \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot \sigma_s([bH\left(r_1 + \frac{1}{2}b + Htg\alpha\right) + \frac{H}{3}(H \cdot tg\alpha \cdot \left(-r_1 D + tg\alpha KH + \frac{1}{2}b + 3r_1 K - Dtg\alpha H\right) + \\ & + 3r_1^2(K - D) - b(b + r_1)) + \frac{r_1^3(K - D - C + \ln r_1) + b^3(K - C) + r_1 b^2}{tg\alpha}] + s(-\frac{1}{2}((R_0 + h)^2 - R_0^2) - \\ & -(R_0 + h)^2 \ln\left(\frac{R_0 + h}{R_0}\right))), \end{aligned} \tag{9}$$

where the following marks are used:

де використано наступні позначення:

$$b = \frac{s}{\cos\alpha};$$

$$K = \ln\left(r_1 + b + Htg\alpha\right);$$

$$C = \ln(r_1 + b)$$

$$D = \ln\left(r_1 + Htg\alpha\right).$$

According to the computational model in Fig. 1, the equilibrium equation of a tape part under deformation can be written as follows:

Згідно розрахункової схеми на рис. 1 рівняння рівноваги частини стрічки, що піддається деформації запишемо наступним чином:

$$\left.\begin{aligned} &\text{по осі x: } -F_{T1} - F_{T2}\cdot\cos\gamma + N\cdot\cos\gamma + F\cdot\sin\gamma = 0;\\ &\text{по осі y: } -P + F_{T2}\cdot\sin\gamma - N\cdot\sin\gamma + F\cdot\cos\gamma = 0;\\ &\text{сума моментів: } P\cdot l + F_{T1}\cdot R_з + F_{T2}\cdot R_0 - N\cdot R_c - M = 0, \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

where F_{T1}- the friction force between the tape and the roller, H;

F_{T2}- the friction force between the tape and the collet, H;

γ- the collet's turning angle, grade;

N- the direct force, H;

F- the resultant force of the tape normal contact stresses, H;

P- the bending force by the clamp roller, H;

l- the distance between the collet centre and the clamp roller centre, mm;

R_3 - the mean radius of screw element's interaction, mm;

R_c - the mean radius of screw element, mm;

The friction forces can be developed from the dependences:

де F_{T1}- сила тертя між роликом та стрічкою, Н;

F_{T2} - сила тертя між стрічкою та оправою, Н;

γ - кут повороту оправи, град;

N - поздовжня сила, Н;

F- рівнодіюча нормальних контактних напружень на стрічці, Н;

P - сила гнуття притискним роликом, Н;

l - відстань між центрами оправи та притискного ролика, мм;

R_3 - середній радіус взаємодії гвинтового елемента, мм;

R_c - середній радіус гвинтового елемента, мм;

Сили тертя визначаємо за залежностями:

$$F_{T1} = \mu_1\cdot P; \quad (11)$$

$$F_{T2} = \mu_2\cdot F, \quad (12)$$

where μ_1 - the coefficient of friction between the clamp roller and the tape;

μ_2 - the coefficient of friction between the collet and the crew element.

The resultant force of normal contact stresses is determined by the formula:

де μ_1 - коефіцієнт тертя між притискним роликом та стрічкою;

μ_2 - коефіцієнт тертя між оправою та гвинтовим елементом.

Рівнодіючу нормальних контактних напружень знаходимо за формулою:

$$F = \sigma_r\cdot s\cdot L, \quad (13)$$

where σ_r - the contact normal stresses along the screw workpiece's inner radius, MPa;

s - the tape thickness, mm;

L - the length of contact along the inner diameter, mm.

Provided the bending moment M is known, all forces, which occur while coiling, can be found after solving the equation system (7). In the given case:

де σ_r - контактні нормальні напруження на внутрішньому радіусу гвинтової заготовки, МПа;

s - товщина стрічки, мм;

L- довжина контакту по внутрішньому діаметру, мм.

При відомому моменті гнуття M можна знайти усі сили, що виникають в процесі навивання, розв'язавши систему рівнянь (7). В даному випадку:

$$F = \frac{-P\cdot\left(\mu_1\cdot tg\gamma - 1\right)}{\mu_2\cdot\sin\gamma + tg\gamma\cdot\left(-\mu_2\cdot\cos\gamma + \sin\gamma\right) + \cos\gamma}; \quad (14)$$

$$N = \frac{\mu_1\cdot P + F\cdot\left(\mu_2\cdot\cos\gamma + \sin\gamma\right)}{\cos\gamma}. \quad (15)$$

According to the results of experimental research, the maximum bending force P by clamp roller occurs at the beginning stage of deformation, that is, when the angle γ equals zero. Therefore, to simplify calculations, the solution of equations system (10) will be as follows:

Експериментальні дослідження показали, що максимальна сила гнуття P притискним роликом виникає на початковій стадії деформування, тобто, коли кут γ рівний нулю. Тому, для спрощення розрахунків, розв'язок системи рівнянь (10) буде наступним:

$$P = F \quad (16)$$

$$N = \left(\mu_1 + \mu_2\right)\cdot P; \quad (17)$$

$$P = \frac{M}{l + \mu_1\cdot(R_з - 1) + \mu_2\cdot\left(R_0 - 1\right)} \quad (18)$$

It should be noted that the friction coefficient μ_1 between the clamp roller and the profiled tape is the given value and does not correlate directly with the value of contacting materials' friction

Слід зауважити, що тут коефіцієнт тертя μ_1 між притискним роликом і профільною стрічкою є величиною приведеною і не відповідає безпосередньому значенню coefficient. The moment applied to coining the collet depends on collets' structural peculiarities, and is generally defined as it is shown in Fig. 1., accordingly to the dependences:

коефіцієнта тертя для контактуючих матеріалів. Момент, який необхідно прикласти для обертання оправи, залежить від конструктивних особливостей оправ і в загальному випадку визначається згідно рис. 1 за залежністю:

$$M_O = k_M \cdot P \cdot \left(l + \mu_1 \cdot R_з \right) \tag{19}$$

where k_M – the coefficient, which depends on the structural manufacture of the collet.

Based on the proposed above formulas, the required technological equipment can be designed. Thus, to reduce the torque of collet, and consequently to reduce the required power of coiling the screw workpiece, it is necessary to minimize friction coefficient μ_1, for example, using the lubricants.

The coiling of a screw element being executed in the cold state, the workpiece material is being strengthened. Consequently, the bending moment increases, which can be determined by the formula:

де k_M – коефіцієнт, що враховує конструктивні виконання оправи.

На основі приведених вище формул можна проектувати необхідне технологічне оснащення. При цьому, для зменшення моменту обертання оправи, а отже, і зменшення необхідної потужності навивання гвинтової заготовки, потрібно звести до мінімуму коефіцієнт тертя μ_1, наприклад, використовуючи змащувальні речовини.

Якщо процес навивання гвинтового елемента виконувати в холодному стані, в матеріалі заготовки проходить процес зміцнення, в наслідок чого зростає момент гнуття, який можна визначити за формулою:

$$M = \int_0^H \int_{r_1 + x\cdot tg\alpha}^{r_1+\frac{s}{\cos\alpha}+x\cdot tg\alpha} \beta \left[\begin{array}{l} \sigma_{TO} \cdot \left(1 - \ln \dfrac{r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x\cdot tg\alpha}{\rho} \right) + \\ + \dfrac{\Pi}{2} \cdot \left(2\ln\dfrac{\rho}{R_c} - \ln\dfrac{\rho\left(r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x\cdot tg\alpha\right)}{R_c^2} \ln\dfrac{\left(r_1 + \frac{s}{\cos\alpha} + x\cdot tg\alpha\right)}{\rho} \right) \end{array} \right] \cdot \rho d\rho dx + \tag{20}$$

$$+ s\beta \int_{R_0}^{R_0+h} \left[\sigma_{TO} \left(1 + \ln\frac{\rho}{R_0} \right) + \frac{\Pi}{2} \left(2\ln\frac{R_0+h}{\rho} + \ln\frac{\left(R_0+h\right)^2}{\rho R_0} \ln\frac{\rho}{R_0} \right) \right] \rho d\rho,$$

where σ_{TO} - extrapolated liquid limit, MPa;

Π- strengthening linear module, MPa.

The analytical method of solving the equation (20) is rather cumbersome, that is why the specific numerical value of bending moment should be defined by the numerical method, using appropriate software. Such method significantly reduces the calculation time.

An example of such calculation is shown in the graph in Fig. 3.

Analyzing the graph in Fig. 2 we conclude: the shelf height and its inclination angle increases, the moment of bending the screw element increases as well.

Based on the graph in Fig. 3 and formula (18), the graphs of dependence of the tape bending force on the shelf height can be drawn (Fig. 4).

де σ_{TO} - екстрапольована границя текучості, МПа;

Π- лінійний модуль зміцнення, МПа.

Розв'язок рівняння (20) аналітичним методом є досить громіздким, тому визначення конкретного числового значення моменту гнуття доцільно проводити числовим методом, використовуючи відповідні комп'ютерні програми, що значно зменшить час на розрахунок.

Приклад такого розрахунку представлено у вигляді графіка на рис. 3.

Згідно графіка на рис. 2 робимо висновок, що при збільшення висоти полички і кута її нахилу момент гнуття гвинтового елемента зростає.

На основі даних із графіка на рис. 3 та формули (18) будуємо графіки залежності сили гнуття стрічки від висоти полички (рис. 4).

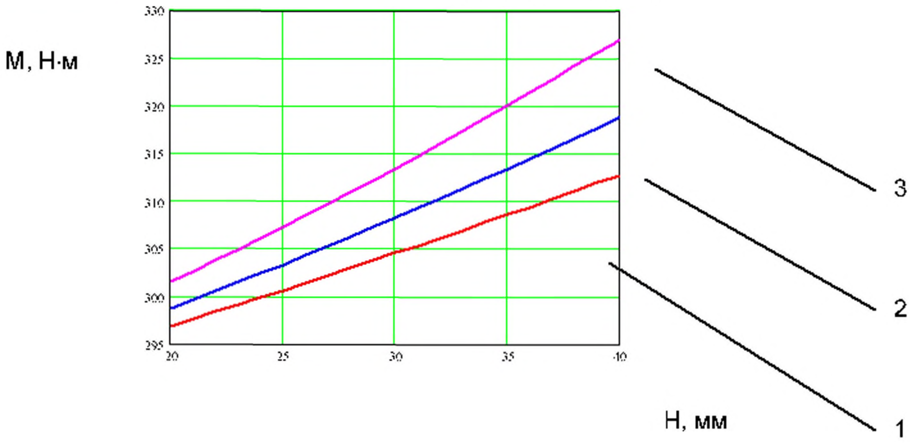


Fig.. 3 - Graph of dependence of tape bending moment on height shelf (steel 08kp) s=1,5мм, R_0 =30мм: 1 - α=10град, 2 - α=20град; 3 - α=30grade.

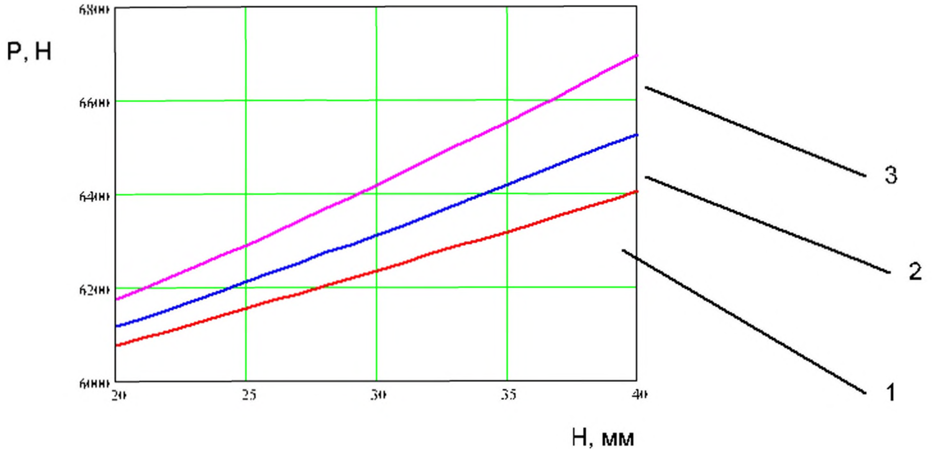


Fig. 4 - Graph of dependence of the tape bending force on the shelf height (steel 08kp) s=1,5мм, R_0 =30мм: 1 - α=10град, 2 - α=20град; 3 - α=30grade.

Having analyzed the graphs in Figures 2 and 3, we conclude that mainly the vertical part of the workpiece deforms; and while increasing the shelf height and the inclination angle of the screw element, the bending force increases as well. As the main working surface of a screw-purifying element is a shelf, the cuts on the vertical part of the tape must be performed to reduce the bending moment of such tape.

CONCLUSIONS

As a result of investigations proved the practical feasibility of the proposed mechanism for clearing L-shaped spirals screw drives archeologists working surfaces

The proposed treatment technology manufacturing screw elements by bending the tape on shelves using clips and coiling the resulting tape with a shelf to be set.

REFERENCES

[1]. Hevko B.M. (1986) – Manufacturing technology spiral auger . High school,– 128p., Lviv:

[2.] Hevko I.B., Nazar I.V., Vasilkov V.V. (2001) — Investigation of process specialized cargo transportation by Г-shaped spirals augers . Bulletin TSTU. - Vol 6, № 2. - S.75-80., Ternopil.

[3.] Hevko I.B., Vlas N.E. (2005) – Research woroch separation in auger cleaners radially displaced from geometric axes of rotation. Scientific journal "Science News Dnieper." Engineering disciplines. - № 2. - P. 43-45., Dnepropetrovsk.

[4.] Lytvynov O., Tana W. (2006) – Towards the dynamic calculation of machines. Motrol. Tom 8A, 210-223.

[5.] Zubtsov M.E. – Sheet punching. Mechanical Engineering, 1980. - 432 p., Leningrad.

Аналіз одержаних графіків на рисунках 2 та 3 показав, що більша частина деформації заготовки припадає на її вертикальну частину, при збільшення висоти полички і кута її нахилу сила гнуття гвинтового елемента зростає. Оскільки основною робочою поверхнею гвинтового очисного елемента є поличка, то для зменшення моменту гнуття такої стрічки необхідно виконувати вирізи на вертикальній частині стрічки.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень доведена практична доцільність використання запропонованого механізму очищення Г-подібними спіралями шнеків робочих поверхонь дисків копачів

Запропонована технологія виготовлення гвинтових очисних елементів шляхом гнуття полички на стрічці за допомогою роликів та навивання одержаної стрічки з поличкою на оправу.

БІБЛІОГРАФІЯ

[1.] Гевко Б. М. (1986) – Технология изготовления спиралей шнеков.Вища школа, – 128 с., Львов.

[2.] Гевко І. Б. Назар І. В., Васильків В. В. (2001) – Дослідження процесу транспортування вантажів профільними Г-подібними спіралями шнеків. Вісник ТДТУ.– Т. 6, № 2. – С.75–80., Тернопіль.

[3.] Гевко І. Б. Влас Н. Є. (2005) – Дослідження сепарації вороху в шнекових очисниках із радіально зміщеними геометричними осями обертання. Науково-практичний журнал «Новинки науки Придніпров'я». Інженерні дисципліни. – №2. –С. 43–45., Дніпропетровськ.

[4.] Lytvynov O., Tana W. (2006.) – Towards the dynamic calculation of machines. Motrol. Tom 8A, 210-223.

[5.] Зубцов М. Е. (1980). – Листовая штамповка – Машиностроение, 1980. – 432 с., Ленінград.