

## DEFINITION OF MOVEMENT TRAJECTORY AND FORCES ACTING ON THE COULTER WITH MECHANISM

### ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ І СИЛ, ЩО ДІЮТЬ НА СОШНИК З МЕХАНІЗМОМ ЙОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ

Ph.D. Eng. Usenko M.<sup>1)</sup>, Ph.D. Stud. Eng. Voitovich V.<sup>1)</sup>, Ph.D. Eng. Popa L.<sup>2)</sup>, Eng. Iordache S.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Lutsk National Technical University / Ukraine; <sup>2)</sup> INMA Bucharest / Romania; <sup>3)</sup> University of Craiova / Romania  
Tel: +38(0332)74-61-03; Fax: +38(0332)77-48-40; E-mail: rector@lutsk-ntu.com.ua

**Abstract:** The advantages and disadvantages of different constructions of machines for planting seedlings are analyzed. A new construction of machine for planting seedlings with sections that move in lateral direction is presented. The trajectory of the characteristic point of the section for planting seedlings during the movement of the unit is defined. The strengths of the reaction of the soil, acting on the cheek of the coulter by its lateral movement are defined.

**Keywords:** coulter, motoblock, machine for planting seedlings, slope, force, power

#### INTRODUCTION

There are many machines for planting seedlings of various constructions, which are intended for planting of seedlings on the plain. Setting a specified row-width spacing (distance between sections for planting seedlings) in these machines is done manually. It took a lot of time and effort.

We developed a mechanism for lateral movement of the sections of machine for planting seedlings. It allows you to change quickly the row-width spacing even during the work [8, 9]. Such immediate and rapid change of the row-width spacing may be necessary by planting of different crops, by the work on the small plots, in various environmental conditions, on the slopes. Developed mechanism is provided mainly for two sections and can move both sections in one way or another to ensure the sustainability movement of the unit on slopes. A lateral movement of the section with the coulter changes the direction of the unit, which moves along the slope and corrects this direction.

In scientific papers [3, 4, 5, 10] and in various constructions of machines for planting seedlings [1, 2] the issues of optimum parameters and operating conditions of apparatus for planting seedlings as well as the coulter are settled. But, there are not discussed the forces acting on the coulter by its lateral movement. There are not taken into account the possibilities of stabilization of the specified direction of movement of the unit on the slopes by the creation of additional reactions to displacement and to turn the unit in required direction.

#### MATERIAL AND METHOD

In works [6, 7] is described the construction of the mechanism for lateral movement of the section and grounded a perspective of its employment on the small-sized equipment. Theoretical researches of these works allowed to define the value and the point of application of the forces acting on the cheek of the coulter by its lateral movement, but only for some cases of the deformation of the soil along the line of the profile of its surface at the cheek of the coulter ("day-surface") and at the bottom of the coulter. It is characterizing only a certain condition of the soil at the present moment. As is known, the difficulty of description of "behavior" of the soil at the time of deformation, as well as a large range of variables properties make it difficult to define the dependence, that can characterize the line of the profile of the soil surface. So for the most complete characteristics of the researched process we

**Резюме:** Проаналізовано переваги та недоліки різних конструкцій розсадосадильних машин. Подана нова конструкція розсадосадильної машини з секціями, які переміщуються в боковому напрямку. Визначена траєкторія переміщення характерної точки садильної секції під час руху агрегату. Визначена сила реакції ґрунту, що діє на щок сошника при його боковому переміщенні.

**Ключові слова:** сошник, мотоблок, розсадосадильна машина, схил, сила, потужність

#### ПЕРЕДУМОВА

Існує багато розсадосадильних машин різних конструкцій, які призначені для садіння розсади на рівнині. Встановлення заданої ширини міжрядь (відстані між садильними секціями) в даних машинах виконується вручну. На це затрачається багато часу і зусиль.

Ми розробили механізм для поперечного переміщення секцій розсадосадильної машини. Це дозволяє швидко змінювати ширину міжряддя навіть безпосередньо під час роботи [8, 9]. Така термінова і швидка зміна ширини міжрядь може бути необхідна при садінні різних культур, при роботі на дрібноконтурних ділянках, в різноманітних зовнішніх умовах, на схилах. Розроблений механізм передбачений, в основному, для двох секцій і може переміщувати обидві секцій в один чи інший бік для забезпечення стійкості руху агрегату на схилах, уклонях. Поперечне переміщення секції з сошником змінює напрямок руху агрегату, який рухається по схилу і коректує даний напрямок.

В наукових роботах [3, 4, 5, 10] і в різних конструкціях розсадосадильних машин [1, 2] вирішені питання оптимальних параметрів і режимів роботи садильного апарату, а також сошника. Але не розглянуті сили, що діють на сошник при його поперечному переміщенні. Не враховані можливості стабілізації заданого напрямку руху агрегату на схилах за рахунок створення додаткових реакцій для зміщення і повертання агрегату в необхідну сторону.

#### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА

В роботах [6, 7] описана конструкція механізму поперечного переміщення секції і обґрунтована перспективність її застосування на малогабаритній техніці. Теоретичні дослідження даних робіт дозволили визначити величину і точку прикладання сил, що діють на щок сошника при його поперечному переміщенні, але тільки для деяких випадків деформування ґрунту по лінії профілю його поверхні у щок сошника («денна поверхня») та у його дна. Це характеризує лише певний стан ґрунту на даний момент. Як відомо, труднощі опису "поведінки" ґрунту в момент деформування, а також великий діапазон змінних властивостей ускладнюють визначення залежності, що може охарактеризувати лінію профілю поверхні ґрунту. Тому для найбільш повної характеристики досліджуваного процесу необхідно

must consider the various options of these dependencies. This article continues the researches of this process.

As stated above for high quality work on the slopes (mainly slope up to 15°) we proposed the unit, which consists in motoblock with machine for planting seedlings with movable (in the transverse direction) sections with disk-type apparatus (Fig. 1). A special mechanism, which operator of motoblock engages-disengages by the handle, ensures movement of each section in the necessary direction. This mechanism ensures also a simultaneous rising of the sections [8, 9].



Fig. 1 – Motoblock with machine for planting seedlings with sections that moves in lateral direction / Мотоблок з розсадосадильною машиною з секціями, які переміщуються в боковому напрямку

## RESULTS

For the performance of this mechanism it is necessary to determine the trajectory of movement of characteristic point of section for planting seedlings during its raising by the unit moving. We take this point  $B_0$  in the place of attachment of the lever to the coulter (Fig. 2 and Fig. 3). Lever connects the output shaft (point  $O$  on Fig. 2) of the mechanism with a point  $B_0$ , and its length is equal to  $R$ . Angle between the lever and the  $x$ -axis is equal to  $\beta_0$ . Point  $B_0$  makes a complex movement: transient at the motion speed of the unit  $v$  and relative around the point  $O$  at the angular speed  $\omega$ .

We take the origin of coordinates at the point  $O$ ; we direct the  $x$ -axis on a course of movement of the unit and the  $y$ -axis - down (Fig. 2). At the initial moment of time the place of attachment of the lever to the coulter is at a point  $B_0$ , the coordinates of which are expressed by the equations [7, 8]:

$$\begin{aligned} x_0 &= -R \cos \beta_0, \\ y_0 &= R \sin \beta_0. \end{aligned} \quad (1)$$

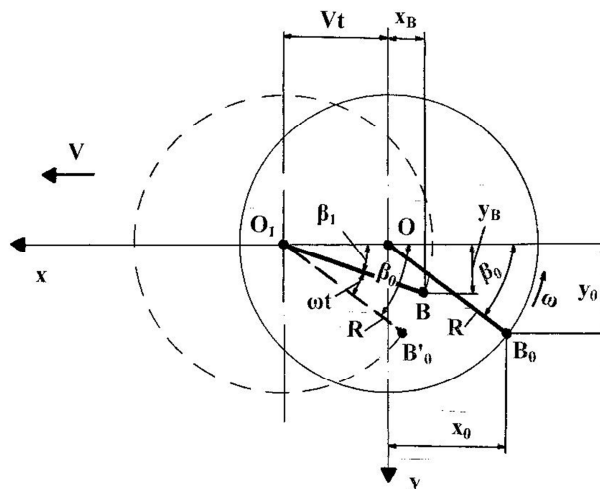


Fig. 2 – Scheme to defining the trajectory of motion of a point  $B_0$  / Схема до визначення траєкторії руху точки  $B_0$

розглянути різноманітні варіанти даних залежностей. В даній статті продовжується дослідження даного процесу.

Як було зазначено вище для якісної роботи на схилах (в основному крутістю до 15°) нами запропонований агрегат, який складається з мотоблоку з садильною машиною з пересувними (в поперечному напрямку) секціями з апаратом дискового типу (рис.1). Спеціальний механізм, який оператор мотоблоку вмикає-вимикає рукояткою, забезпечує переміщення кожної секції в необхідну сторону. Даний механізм разом з пересуванням забезпечує також одночасне піднімання секцій [8, 9].

## РЕЗУЛЬТАТИ

Для характеристики роботи даного механізму необхідно визначити траєкторію переміщення характерної точки садильної секції під час її піднімання при русі агрегату. Приймаємо цю точку  $B_0$  в місці кріплення важеля до сошника (рис. 2 та рис. 3). Важіль з'єднує вихідний вал (точка  $O$  на рис. 2) механізму з точкою  $B_0$ , і довжина його дорівнює  $R$ . Кут між важелем та віссю  $x$  дорівнює  $\beta_0$ . Точка  $B_0$  здійснює складний рух: переносний з швидкістю руху агрегату  $v$  і відносний навколо точки  $O$  з кутовою швидкістю  $\omega$ .

Приймаємо початок координат в точці  $O$ ; вісь  $x$  направимо по ходу руху агрегату, а вісь  $y$  – вниз (рис. 2). В початковий момент часу місце кріплення важеля до сошника знаходиться в точці  $B_0$ , координати якої виражаються рівнянням [7, 8]:

After a certain time interval  $t$  the shaft from the point  $O$  will move to the position  $O_1$  and will make its way  $vt$ . During this same time the lever will turn on the angle  $\omega t$ . Point  $B_0$  go into position  $B$ , then the coordinates of this point are expressed by the equations ( $\beta_1 = \beta_0 - \omega t$ ):

$$\begin{aligned}x_B &= vt - R \cos \beta_1 = vt - R \cos(\beta_0 - \omega t), \\y_B &= R \sin \beta_1 = R \sin(\beta_0 - \omega t).\end{aligned}\quad (2)$$

Equation (2) represents the trajectory of the absolute motion of a point  $B (B_0)$ .

Thus, if at the initial time the coulter was landed in soil at a depth  $h$ , so after a time interval  $t$  it will be already landed in soil at a depth  $h_1$  (Fig. 3). From Fig. 2 and Fig. 3 we define  $h_1$ :

$$h_1 = h - (y_0 - y_B) = h - R[\sin \beta_0(1 - \cos \omega t) + \cos \beta_0 \sin \omega t].\quad (3)$$

The raising of the section by its movement ensures the reduction of the area of the lateral surface of the coulter that is found in soil and, accordingly, the reduction of the reaction of the soil at this coulter that ensures smaller energy consumption on the execution of this process.

By the movement of the coulter (of the section with the coulter) in transverse side were formed the force moments, which try to turn the unit (motoblock with machine for planting seedlings) in the opposite side of the movement of the coulter. The main support points of this unit are two wheels of motoblock that are on the same line. Therefore, the coulter that is arranged behind these wheels (machine for planting seedlings is arranged behind the motoblock), while moving in the direction of the lower side of the slope turns the front of the unit in the direction of the upper part of the slope. It corrects the direction of movement of the unit in case of its rejection in the direction of the lower side of the slope or its slipping and it is ensured the stability of a given direction of the movement.

For the full performance of this mechanism, we must define the force acting on the part of the coulter, which is landed in the soil. For these calculations we take the worst option, i.e., the initial position of the coulter, when it is landed in the soil and, accordingly, the reaction of the soil on it, is maximum. All the other positions of the coulter will be a special case and will be easily calculated according to the methodology for the initial position of the coulter.

At the initial time, the coulter  $abcd$  is arranged in position at a depth  $h$  in soil and area of the lateral surface, which is arranged in the soil, will be area of a curvilinear trapezoid  $aknd$  (Fig. 3). By further work of the mechanism the coulter will move aside and simultaneously raising up in an arc with center at the point  $O'$ . After a certain time intervals the coulter will hold different positions. One of these positions of the coulter is shown by broken line.

As stated above for the most complete characteristics of researched process it is necessary to take different variants of form of the surface of the soil near cheeks coulter, namely lines  $kn$  and  $ad$  (Fig. 3). In works [6, 7] it was taken that curve line  $kn$  which is described by the functions of the form (there were taken four functions that are most appropriate for description of the curve line  $kn$  for different soil types): 1)  $z = A \sin \omega x + h$  2)  $z = A \cos \omega x + \varphi_0$ , 3)  $z = ax^2 + bx + c$  ( $a < 0$ ), 4)  $z = c + x^n$  ( $0 < n < 1$ ). For the fifth case for description of the curve lines  $ad$  and  $kn$  were taken functions:  $z_1 = A \sin \omega x + \varphi_0$ ,  $z_2 = c + x^n$  ( $0 < n < 1$ ).

Через певний проміжок часу  $t$  вал з точки  $O$  переміститься в положення  $O_1$  і пройде шлях  $vt$ . За цей самий час важіль повернеться на кут  $\omega t$ . Точка  $B_0$  перейде в положення  $B$ , тоді координати даної точки виражаються рівняннями ( $\beta_1 = \beta_0 - \omega t$ ):

Рівняння (2) виражають траєкторію абсолютного руху точки  $B (B_0)$ .

Таким чином, якщо в початковий момент часу сошник був занурений в ґрунт на глибину  $h$ , то через проміжок часу  $t$  він уже буде занурений в ґрунт на глибину  $h_1$  (рис. 3). З рис. 2 та рис. 3 визначаємо  $h_1$ :

Піднімання секції при її пересуванні забезпечує зменшення площі бокової поверхні сошника, що знаходиться в ґрунті і, відповідно, зменшення реакції ґрунту на даний сошник, що забезпечує менші затрати енергії на виконання даного процесу.

При переміщенні сошника (секції з сошником) в поперечному напрямку утворюється момент сили, який намагається повернути агрегат (мотоблок з розсадосадильною машиною) в протилежний переміщенню сошника бік. Основними точками опори даного агрегату є два колеса мотоблока, що розташовані на одній лінії. Тому сошник, що знаходиться позаду даних коліс (розсадосадильна машина знаходиться позаду мотоблока), при переміщенні в нижній бік схилу розвертає передню частину агрегату в напрямку верхньої частини схилу. Це коректує напрямок руху агрегату у разі його відхилення вниз по схилу чи сповзання і забезпечує стабільність заданого напрямку руху.

Для повної характеристики роботи даного механізму необхідно визначити силу, що діє на занурену в ґрунт частину сошника. Для даних розрахунків приймаємо найгірший варіант, тобто початкове положення сошника, коли він занурений в ґрунт максимально і, відповідно, реакція ґрунту на нього є максимальною. Всі інші положення сошника будуть частинним випадком і легко розраховуватимуться за прийнятою методикою для початкового положення сошника.

В початковий момент часу сошник  $abcd$  знаходиться в зануреному на глибину  $h$  в ґрунт положенні і площею бокової поверхні, що знаходиться в ґрунті буде площа криволінійної трапеції  $aknd$  (рис. 3). При подальшій роботі механізму сошник буде переміщуватись в бік і одночасно підніматись уверх по дузі з центром в точці  $O'$ . Через певні проміжки часу сошник буде займати різні положення. Одне з таких положень сошника показано пунктиром.

Як було зазначено вище для найбільш повної характеристики досліджуваного процесу необхідно прийняти різноманітні варіанти форми поверхні ґрунту біля щок сошника, а саме лінії  $kn$  і  $ad$  (рис. 3). В роботах [6, 7] було прийнято, що крива  $kn$  описується функціями виду (було прийнято чотири функції, що найбільш підходять для опису кривої  $kn$  для різних типів ґрунтів): 1)  $z = A \sin \omega x + h$ , 2)  $z = A \cos \omega x + \varphi_0$ , 3)  $z = ax^2 + bx + c$  ( $a < 0$ ), 4)  $z = c + x^n$  ( $0 < n < 1$ ). Для п'ятого випадку для опису кривих  $ad$  і  $kn$  були прийняті функції:  $z_1 = A \sin \omega x + \varphi_0$ ,  $z_2 = c + x^n$  ( $0 < n < 1$ ).

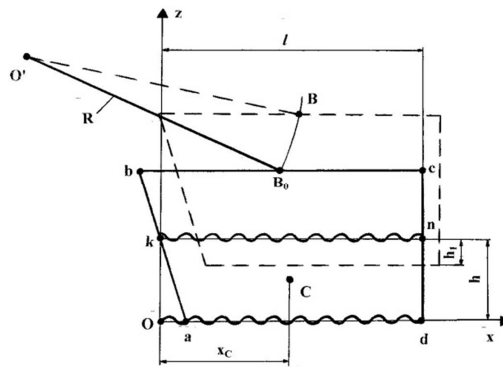


Fig. 3 – Scheme to determining the value of the force  $F$  and coordinate  $x_c$  of the point  $C$  of its action on the coulter /  
Схема до визначення величини сили  $F$  і координати  $x_c$  точки  $C$  її дії на сошник

Continuing these researches for our case with certain assumptions and based on our preliminary experimental researches we can take that the curve lines  $kn$  and  $ad$ , accordingly, are described by the following functions:  $z_2 = A_2 \cos \omega_2 x + \varphi_0 + c$ ,  $z_1 = A_1 \sin \omega_1 x + \varphi_0$ .

The state of the soil near coulters cheek is considered in the broader perspective, namely, when the soil surface is described by a function  $y_2 = A_2 \cos \omega_2 x + \varphi_0 + c$ , and specifically for the coulter  $z_2 = A_2 \cos \omega_2 x + h$  (line  $kn$ ), and at the bottom – by the function  $y_1 = A_1 \sin \omega_1 x + \varphi_0$ , and specifically for the coulter  $z_1 = A_1 \sin \omega_1 x$  (line  $ad$ ). Such curve line is formed through the existence of a curved surface directly near the coulters cheek, because of the fact that during the previous tillage deeper than the depth of the coulters motion by planting seedlings, in it are formed the cavities and globs, and therefore the contact with such surface does not occur in a straight line (Fig. 3).

We direct the axes of coordinates as shown in Fig. 3.  $Z$ -axis passes through the joining point  $k$  of the front edge of the coulter with the surface of the soil, while the  $x$ -axis - along the bottom of the furrow. The length  $l$  of the surface  $aknb$  we take as the average between constructively known sizes  $bc$  and  $ad$  of the coulter. It is known from the theory that for practical calculations the force  $F$  acting on the surface  $S$  is determined by the formula:

Продовжуючи дані дослідження для нашого випадку з певним припущенням і спираючись на наші попередні експериментальні дослідження можемо прийняти, що криві  $kn$  і  $ad$  відповідно описуються наступними функціями:  $z_2 = A_2 \cos \omega_2 x + \varphi_0 + c$ ,  $z_1 = A_1 \sin \omega_1 x + \varphi_0$ .

Стан ґрунту біля щоки сошника розглядається в більш широкому аспекті, а саме коли на поверхні ґрунту він описується функцією  $y_2 = A_2 \cos \omega_2 x + \varphi_0 + c$ , і конкретно для сошника  $z_2 = A_2 \cos \omega_2 x + h$  (лінія  $kn$ ), а у дна – функцією  $y_1 = A_1 \sin \omega_1 x + \varphi_0$ , і конкретно для сошника  $z_1 = A_1 \sin \omega_1 x$  (лінія  $ad$ ). Така крива лінія утворюється через наявність кривої поверхні безпосередньо у щоки сошника через те, що при попередньому обробітці ґрунту на більшу глибину ніж глибина ходу сошника при садіння розсади, в ньому утворюються порожнини і грудки, і таким чином контакт з такою поверхнею не відбувається по прямій лінії (рис. 3).

Направимо осі координат як показано на рис. 3. Вісь  $z$  проходить крізь точку  $k$  стику передньої кромки сошника з поверхнею ґрунту, а вісь  $x$  – по дну борозенки. Довжину  $l$  поверхні  $aknb$  приймаємо як середню між конструктивно відомими розмірами  $bc$  і  $ad$  сошника. З теорії відомо, що для практичних розрахунків сила  $F$ , що діє на дану поверхню  $S$  визначається за формулою:

$$F = kS, \tag{4}$$

where  $k$  – soil resistivity,  
 $S$  – surface area.

To simplify we neglect area  $Oka$  ( $S_{Oka}$ ), because of its value which is much less than the area  $aknd$  ( $S_{aknd}$ ). Thus, we take that the landed in the soil part of the coulter is the area  $Oknd$  ( $S_{Oknd}$ ). We will define its value.

If  $S$  is area, which located between the curve lines  $z_1$  and  $z_2$ , then we have:

де  $k$  – питомий опір ґрунту,  
 $S$  – площа поверхні.

Для спрощення нехтуємо площею  $Oka$  ( $S_{Oka}$ ), оскільки її величина набагато менше площі  $aknd$  ( $S_{aknd}$ ). Таким чином, приймаємо, що зануреною в ґрунт частиною сошника є площа  $Oknd$  ( $S_{Oknd}$ ). Визначимо її величину.

Якщо  $S$  – область, що знаходиться між кривими  $z_1$  і  $z_2$ , то маємо:

$$\int_S \int f(x, z) dx dz = \int_a^b \int_{z_1(x)}^{z_2(x)} f(x, z) dx dz. \tag{5}$$

$$S_{Oknd} = \int_S \int f(x, z) dx dz = \int_0^l \int_{A_1 \sin \omega_1 x}^{A_2 \cos \omega_2 x + h} dx dz = \int_0^l (A_2 \cos \omega_2 x + h - A_1 \sin \omega_1 x) dx = A_2 \int_0^l \cos \omega_2 x dx + h \int_0^l dx -$$

$$A_1 \int_0^l \sin \omega_1 x dx = A_2 \int_0^l \cos \omega_2 x dx + h \int_0^l dx - A_1 \int_0^l \sin \omega_1 x dx. \tag{6}$$

We define integral, and have:

Обраховуючи інтеграл, одержуємо:

$$S_{Oknd} = (A_2 \sin \omega_2 l) / \omega_2 + hl - A_1 (1 - \cos \omega_1 l) / \omega_1. \tag{7}$$

From the formula (4) we can define the force  $F$  acting on the surface  $S_{Oknd}$ :

З формули (4) можемо визначити силу  $F$ , що діє на поверхню  $S_{Oknd}$ :

$$F = k[(A_2 \sin \omega_2 l)/\omega_2 + hl - A_1(1 - \cos \omega_1 l)/\omega_1]. \quad (8)$$

It is known from the theory that such force is applied at the point of the center of gravity of this figure. From the known method of definition of coordinates of the center of gravity of planar figure we have:  $x_C = \frac{\int x dS}{S}$  and  $z_C = \frac{\int z dS}{S}$ , or  $x_C = \frac{\int x f(x) dx}{S}$  and  $z_C = \frac{\int [f(x)]^2 dx}{2S}$ .

We define the coordinates for our case, i.e. for the plane *Oknd*. Using the formula (6) the abscissa of the point C will be:

$$x_C = \frac{\int \int f(x, z) x dx dz}{S_{Oknd}} = \frac{\int_0^l \int_{A_1 \sin \omega_1 x}^{A_2 \cos \omega_2 x + h} x dz dx}{S_{Oknd}} = \frac{\int_0^l (A_2 x \cos \omega_2 x + hx - A_1 x \sin \omega_1 x) dx}{S_{Oknd}} = \frac{\frac{A_2}{\omega_2} \left( \frac{\cos \omega_2 l - 1}{\omega_2} + l \sin \omega_2 l \right) + \frac{hl^2}{2} - \frac{A_1}{\omega_1} \left( \frac{\sin \omega_1 l}{\omega_1} - l(1 - \cos \omega_1 l) \right)}{\frac{A_2 \sin \omega_2 l}{\omega_2} + hl - \frac{A_1(1 - \cos \omega_1 l)}{\omega_1}}. \quad (9)$$

The value of  $z_C$  comes out lengthy and for these researches is not of interest.

We will define the value of the force  $F$  acting on the coulters cheek. For practical calculations we take: soil resistivity  $k = 30$  kPa; amplitudes  $A_1 = 0.02$  m,  $A_2 = 0.05$  m; circular frequencies  $\omega_1 = 125.6$  m<sup>-1</sup>,  $\omega_2 = 94.2$  m<sup>-1</sup>; the average length of the coulters  $l = 0.3$  m; maximum depth landing in the soil of the coulters  $h = 0.2$  m. Substituting these data in the formula (8) we get:  $F_{Oknd} \approx 1.8$  kN. At a velocity of sections move  $v \approx 0.2$  m/s, we get the value of power for its move  $N = F_{Oknd} \cdot v \approx 0.36$  kW.

This mechanism is designed for use on small-sized equipment (motoblocks) with an average engine capacity 5-6 kW. From this calculation, it is clear that this power satisfies the conditions of work.

From the formula (3) we define the depth landing in the soil of the coulters in a period of time of 1 s. This period of time is sufficient for correction of the direction of movement of the unit, i.e., to turn the front of the unit (motoblock) towards the upper side of the slope. We have the constructive values:  $R = 0.5$  m,  $\beta_0 = 30^\circ$ ,  $\omega = 0.4$  rad/s. Substituting these values in the formula (3), we get  $h_1 \approx 0.12$  m.

From formula (8) we define the value of the force  $F$  (instead of  $h$  we take  $h_1 \approx 0.12$  m) and we get  $F = 1.08$  kN and, accordingly,  $N \approx 0.22$  kW. As the calculations indicates, the reaction of the soil on the coulters is reduced by its raising and, accordingly, are reduced the energy consumptions by the execution of this process.

For turning the unit to the upper side of the slope and, accordingly, for correction of its direction of movement, it is necessary that the moment of force  $F$  applied in the centre of landed in the soil part of the coulters exceed the force  $G$  moment of weight of front of motoblock (engine of motoblock). Moments are taken relative to a point in the center  $C_L$  of the line along the axis of the wheels of motoblock.

From formula (9) we define the abscissa  $x_C$  of the point C (instead of  $h$  we take  $h_1 \approx 0.12$  m) and we get  $x_C \approx 0.15$  m. Taking into account this value we take the distance from the center  $C_L$  to point  $x_C$ , i.e. arm  $l_F \approx 0.5$  m. The same value, we take for the distance from the center  $C_L$  to the center  $C_G$  of front (engine) of motoblock, i.e. arm  $l_G \approx 0.5$  m. At minimum landing of the coulters in the soil ( $h_1 \approx 0.12$  m) the force  $F$  moment equals to:  $M_F = F l_F \approx 1.08 \cdot 0.5 \approx 0.54$  kNm  $\approx 540$  Nm. The force  $G$  moment equals to:  $M_G = G l_G \approx 0.5 \cdot 0.5 \approx 0.25$  kNm  $\approx 250$

З теорії відомо, що така сила прикладена в точці центра тяжіння даної фігури. З відомої методики визначення координат центра тяжіння плоскої фігури маємо:  $x_C = \frac{\int x dS}{S}$  і  $z_C = \frac{\int z dS}{S}$ , або  $x_C = \frac{\int x f(x) dx}{S}$  і  $z_C = \frac{\int [f(x)]^2 dx}{2S}$ . Визначаємо координати для

нашого випадку, тобто для площини *Oknd*. З використанням формули (6) значення абсциси точки C буде:

Значення  $z_C$  виходить громіздким та для даних досліджень інтересу не представляє.

Визначимо величину сили  $F$ , що діє на шочку сошника. Для практичних розрахунків приймаємо: питомий опір ґрунту  $k = 30$  кПа; амплітуди  $A_1 = 0,02$  м,  $A_2 = 0,05$  м; кругові частоти  $\omega_1 = 125,6$  м<sup>-1</sup>,  $\omega_2 = 94,2$  м<sup>-1</sup>; середня довжина сошника  $l = 0,3$  м; максимальна глибина занурення сошника в ґрунт  $h = 0,2$  м. Підставляючи ці дані в формулу (8) одержуємо:  $F_{Oknd} \approx 1,8$  кН. При швидкості переміщення секції  $v \approx 0,2$  м/с, одержуємо величину потужності для її переміщення  $N = F_{Oknd} \cdot v \approx 0,36$  кВт.

Даний механізм призначений для використання на малогабаритній техніці (мотоблоках) з середньою потужністю двигуна 5-6 кВт. З розрахунків видно, що така потужність задовольняє умовам роботи.

З формули (3) визначимо глибину занурення сошника в ґрунт через проміжок часу в 1 с. Даний проміжок часу є достатнім для корегування напрямку руху агрегату, тобто для розвороту передньої частини агрегату (мотоблоку) в бік верхньої частини схилу. Маємо конструктивні значення:  $R = 0,5$  м,  $\beta_0 = 30^\circ$ ,  $\omega = 0,4$  рад/с. Підставляючи дані значення у формулу (3), отримуємо  $h_1 \approx 0,12$  м.

З формули (8) визначимо величину сили  $F$  (замість  $h$  приймаємо  $h_1 \approx 0,12$  м) і одержуємо  $F = 1,08$  кН і, відповідно,  $N \approx 0,22$  кВт. Як видно з цих розрахунків реакція ґрунту на сошник зменшується при його підніманні і, відповідно, зменшуються затрати енергії при виконанні даного процесу.

Для повороту агрегату у верхній бік схилу і, відповідно, для корегування його напрямку руху, необхідно, щоб момент сили  $F$ , що прикладена в центрі зануреної в ґрунт частини сошника перевищувала момент сили  $G$  від ваги передньої частини мотоблока (двигун мотоблока). Моменти приймаються відносно точки, що знаходиться в центрі  $C_L$  лінії по осі коліс мотоблока.

З формули (9) визначимо абсцису  $x_C$  точки C прикладання сили  $F$  (замість  $h$  приймаємо  $h_1 \approx 0,12$  м), отримуємо  $x_C \approx 0,15$  м. З врахуванням даного значення приймаємо відстань від центру  $C_L$  до точки  $x_C$ , тобто плече  $l_F \approx 0,5$  м. Таке саме значення приймаємо для відстані від центру  $C_L$  до центра  $C_G$  передньої частини (двигун) мотоблока, тобто плече  $l_G \approx 0,5$  м. При мінімальному зануренні сошника в ґрунт ( $h_1 \approx 0,12$  м) момент сили  $F$  дорівнює:  $M_F = F l_F \approx 1,08 \cdot 0,5 \approx 0,54$  кН·м  $\approx 540$  Н·м. Момент сили  $G$  дорівнює:

Nm. The weight  $G$  of front of unit (motoblock), namely of its engine, we took as a half of the total weight of motoblock (total weight of motoblock is approximately equal to 100 kg). Therefore, even at the minimum landing of the coulter in the soil the moment  $M_F$  is more than two times higher than the moment  $M_G$ . It is allowed by means of the mechanism of movement of the sections to easily and quickly (in about 1 s) adjust the direction of movement of the unit by the work on slopes.

## CONCLUSIONS

Resulted higher analysis of work of the mechanism of movement of the sections allows to define the trajectory of the characteristic point of the section for planting seedlings during of movement of the unit, the value and the point of application of the force acting on the cheek of the coulter by its lateral movement at the landing position of the coulter in the soil. Developed mechanism of lateral movement of the sections with the coulter provides its main function, namely, adjustment of the direction of movement of the unit on the slopes. Experiments have shown that the maximum deviation of the unit with this mechanism by the work on slope is up to  $15^\circ$  is  $\pm 2$  cm, which is within the permissible norms [2].

Resulted higher method of calculation is the main for mechanism of movement of the sections for planting seedlings and, accordingly, for matching optimal parameters of the coulter and of all machine for planting seedlings for working in various environmental conditions.

## REFERENCES

- [1]. Chernyshev V.V. (1986) - *Machine for planting on slopes*, Copyright certificate №1242014 USSR, MKI A01C5/04; appl. 07.01.1985; publ. 07.07.1986; Bul. №25;
- [2]. Chubarin M.I. (1972) – *Machines for planting seedlings*, Machine-building, 209 pg., Moscow;
- [3]. Ciuperca R., Popa L., Lazar G., Dragan R., Alijev Ch. (2012) – *Comparative study on mechanized process of planting vegetable seedlings*, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 37, no. 2, pg. 61-68, Bucharest;
- [4]. Mircea R., Ciuperca R., Matache M., Draghia D., Usenko M. (2012) – *How making efficient the operation of seedlings planting by using equipment with prism-shaped share*, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 37, no. 2, pg. 53-60, Bucharest;
- [5]. Nestiakh V. (1990) - *Improvement of technological process of machine for planting seedlings*. Avtoref. thesis. ... mast. techn. sciences, 19 pg., Novosibirsk;
- [6]. Usenko M.V., Voitovich V.V. (2007) – *Definition of the forces acting on the coulters cheek by its movement in lateral direction*, Collection of scientific articles «Agricultural machines», № 15, pg. 269-277, Lutsk;
- [7]. Voitovich V.V., Usenko M.V. (2005) – *Definition of the forces acting on the coulter of the machine for planting seedlings with movable sections*, Scientific collection VSAU, № 23, pg. 156-162, Vinnitsa;
- [8]. Voitovich V.V., Usenko M.V., Bozhydarnik V.V. (2006) – *Machine for planting seedlings*. Patent №74989 Ukraine, IPC A01C11/02, A01B15/20; appl. 21.10.2004; publ. 15.02.2006; Bul. №2;
- [9]. Voitovich V.V., Usenko M.V., Bozhydarnik V.V. (2007) – *Machine for planting seedlings*. Patent №77774 Ukraine, IPC A01C11/02, A01B15/20; appl. 15.10.2004; publ. 15.01.2007; Bul. №1;
- [10]. Zakharchenko V.G. (1984) - *Substantiation of the technology and of the machine with the tape planting apparatus for planting seedlings of vegetable crops*, Avtoref. thesis. ... must. Techn. Sciences, 24 pg., Chelyabinsk.

$M_G = G l_G \approx 0,5 \cdot 0,5 \approx 0,25$  кН·м  $\approx 250$  Н·м. Вagy  $G$ , що припадає на передню частину агрегату (мотоблока), а саме на його двигун, прийняли як половину загальної ваги мотоблока (загальна вага мотоблока приблизно дорівнює 100 кг). Отже, навіть при мінімальному зануренні сошника в ґрунт, момент  $M_F$  перевищує більше ніж в два рази момент  $M_G$ . Це дозволяє за допомогою механізму переміщення секції легко і швидко (приблизно за 1 с) скорегувати напрямку руху агрегату при роботі на схилах.

## ВИСНОВКИ

Наведений теоретичний аналіз роботи механізму пересування секцій дає можливість визначити траєкторію переміщення характерної точки садильної секції під час руху агрегату, величину та точку прикладання сили, що діє на щок сошника при його пересуванні в боковому напрямку в зануреному в ґрунт положенні, моменти сил відносно точки, що знаходиться в центрі лінії по осі коліс мотоблока. Розроблений механізм бокового переміщення секцій з сошником забезпечує свою основну функцію, а саме коректування напрямку руху агрегату на схилах. Експерименти показали, що максимальне відхилення агрегату з даним механізмом при роботі на схилі до  $15^\circ$  становлять  $\pm 2$  см, що знаходиться в межах допустимих норм [2].

Наведена методика розрахунку є основною для механізму пересування садильних секцій і, відповідно, для підбору оптимальних параметрів сошника і всієї розсадосадильної машини для роботи в різноманітних зовнішніх умовах.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- [1]. Чернышев В.В. (1986) – *Машина для посадки на площадках склонов*, Авторское свидетельство №1242014 СССР, MKI A01C 5/04; заяв. 07.01.1985; опубл. 07.07.1986; Бюл. №25;
- [2]. Чубарин М.И. (1972) - *Рассадопосадочные машины*. М.: Машиностроение, –209 с.;
- [3]. Ciuperca R., Popa L., Lazar G., Dragan R., Alijev Ch. (2012) – *Comparative study on mechanized process of planting vegetable seedlings*, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 37, no. 2, pg. 61-68, Bucharest;
- [4]. Mircea R., Ciuperca R., Matache M., Draghia D., Usenko M. (2012) – *How making efficient the operation of seedlings planting by using equipment with prism-shaped share*, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 37, no. 2, pg. 53-60, Bucharest;
- [5]. Нестяк В.С. (1990) – *Совершенствование технологического процесса рассадопосадочной машины*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск; 19 с.;
- [6]. Усенко М.В., Войтович В.В. (2007) – *Визначення сил, що діють на щок сошника при його пересуванні в боковому напрямку*, Збірник наукових статей «Сільськогосподарські машини», № 15, -с. 269-277, Луцьк;
- [7]. Войтович В.В., Усенко М.В. (2005) – *Визначення сил, що діють на сошник садильної машини з пересувним секціями*, Збірник наукових праць ВДАУ, № 23, -с. 156-162, -Вінниця;
- [8]. Войтович В.В., Усенко М.В., Божидарник В.В. (2006) – *Розсадосадильна машина*. Патент №74989 Україна. МПК A01C 11/02, A01B 15/20; заявл. 21.10.2004; опубл. 15.02.2006, Бюл. №2;
- [9]. Войтович В.В., Усенко М.В., Божидарник В.В. (2007) – *Розсадосадильна машина*. Патент №77774 Україна. МПК A01C 11/02, A01B 15/20; заявл. 15.10.2004; опубл. 15.01.2007, Бюл. №1;
- [10]. Захарченко В.Г. (1984) - *Обоснование технологии и машины с ленточным высаживающим аппаратом для посадки рассады овощных культур*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. –Челябинск, -24 с.