



THEORETICAL PREREQUISITES FOR DETERMINING THE PRODUCTIVITY OF A SCREW WORKING BODY

Norov S. N.

Bukhara Engineering and Technology Institute

Kuziev G. Sh.

Bukhara Engineering and Technology Institute

Urinov B. I.

Bukhara Engineering and Technology Institute

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШНЕКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА.

Норов С. Н.

Кузиев Г. Ш.

Уринов Б. И.

(Бухарский Инженерно-технологический Институт)

Известно, что величина и характер изменения угловой скорости частицы материала определяют производительность и энергетические показатели на транспортирование материала шнеком. [2]

Рассмотрим движение частицы материала массой dm , расположенной в точке O наклонного цилиндрического шнека на расстоянии r от оси шнека (рисунок 1. и 2.) и движущуюся по траектории абсолютного движения AB ; оси τ , b и n – соответственно касательной, бинормаль и нормаль к траектории абсолютного движения. Ось n направлена к центру кривизны и совпадает с осью y . Ось Z параллельна оси шнека, оси x и y расположены по касательной и нормали в плоскости PP шнека, перпендикулярной его оси ШШ; $\Gamma\Gamma$ горизонтальная плоскость.

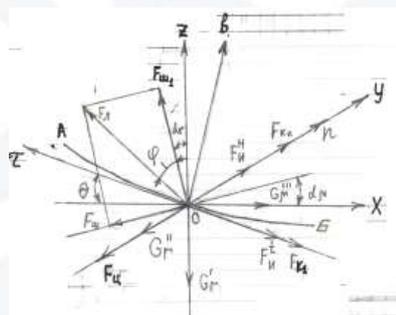


Рисунок 1.

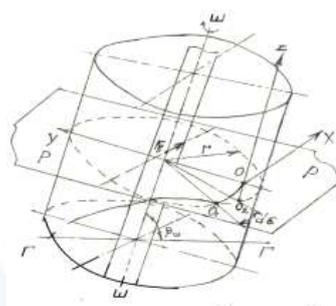


Рисунок 2.



На частицу почвы действуют следующие силы: сила тяжести частицы $Gr = gdm$, которую можно разложить на три составляющие, осевую $Gr^I = Gr \cdot \sin \beta_{ш}$ (по оси z), радиальную $Gr^{II} = Gr \cdot \cos \beta_{ш} \cdot \cos \varepsilon$ (по оси y) и касательную $Gr^{III} = Gr \cdot \cos \beta_{ш} \cdot \sin \varepsilon$ (по оси x); центробежная сила $F_{ц} = \omega_r^2 \cdot \mu \cdot d \cdot m$ (по оси y), сила трения частицы о ковш отвала $F_{к_1}$ (по оси τ), сила трения о винтовую поверхность $F_{ш}$ (под углом наклона винтовой линии α_r к оси x); касательную силу инерции F_{u_1}' , действующая по касательной к траектории абсолютного движения частицы (ось τ) и направленная противоположно вектору абсолютной скорости частицы \bar{V} (рисунок 3.); нормальная сила инерции F_{u_1}'' , направленная к центру кривизны траектории (по оси n); нормальная реакция соседнего слоя $F_{к_н}$ (по оси n) и винтовой поверхности $F_{ш_1}$ (под углом α_r к оси z). $\beta_{ш}$ - угол наклона шнека к горизонту; ε - текущий угол поворота частицы, отсчитываемый от проекции O_2 частицы на плоскость PP . Равнодействующая F_L нормальной реакции винтовой поверхности $F_{ш_1}$ и силы трения о винтовую поверхность $F_{ш_1} = fF_{ш_1}$ отклонена от нормали и винтовой поверхности на угол трения $\varphi = \arctg f$, где f коэффициент трения грунта по металлу шнека. Если считать, что разрыхленный грунт перед ковшом планировщика глиной, то значение этого коэффициента равняется 0,6...0,7. [2]

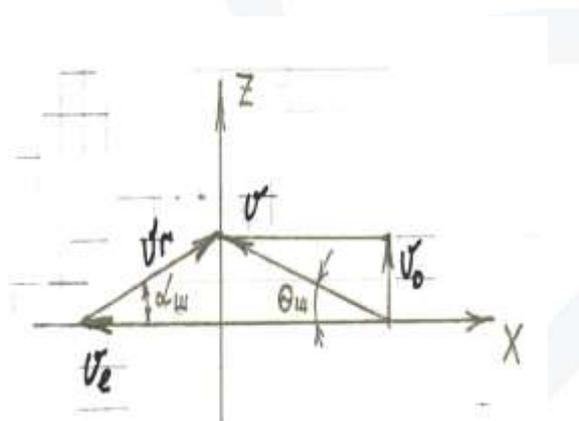


Рисунок 3.

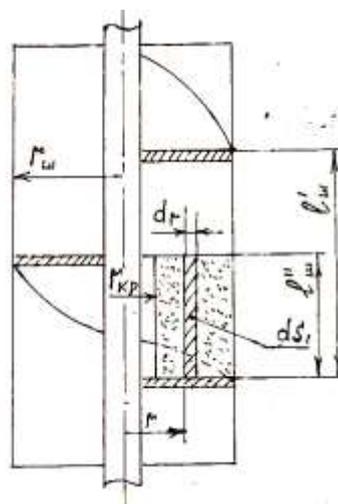


Рисунок 4

Сила трения частицы о ковш, вызванная совместным действием сил $F_{ц}$ и Gr^{II} , равна:



$$F_{k_1} = f_r(F_u + G_r^{II}) = f_r(\omega_r^2 \cdot r + g \cos \beta_{uu} \cdot \cos \varepsilon) \cdot dm,$$

где f_r и f - соответственно коэффициенты трения частицы о ковш и соседний слой материала и винтовую поверхность.

Абсолютная скорость частицы –

$$g = \sqrt{g_t^2 + g_o^2} = r \sqrt{\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \cdot \text{tg}^2 a_r} \quad (1.)$$

где g_t – тангенциальная скорость частицы на радиусе r от оси шнека, $g_t = \omega_r \cdot r$;

g_o – осевая скорость частицы на радиусе r от оси шнека, $g_o = (\omega - \omega_r) \text{tg} a_r$;

ω – угловая скорость шнека; a_r – угол наклона винтовой линии шнека на радиусе r (рисунок 2.).

Касательную силу инерции определим следующим образом:

$$F_u^t = \frac{d g}{dt} dm = \frac{r[\omega_r - (\omega - \omega_r) \text{tg}^2 a_r]}{\sqrt{\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \text{tg}^2 a_r}} \cdot \frac{d \omega_r}{dt} dm \quad (2.)$$

нормальная сила инерции:

$$F_u^n = g^2 \cdot r_a^{-1} \cdot dm = r^2 [\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2 \cdot \text{tg}^2 a_r] \cdot [r(1 + \text{tg}^2 \theta)]^{-1}, \quad (3.)$$

где r_a – радиус кривизны траектории в рассматриваемой точке, $r_a = r(1 + \text{tg}^2 \theta)$;

θ – угол наклона винтовой линии траектории частицы к оси X (рисунок 2.)

$$\text{tg} \theta = \text{tg} a_{uu} (\omega - \omega_r) \omega_r^{-1}, \quad (4.)$$

где a_{uu} – угол наклона винтовой линии шнека на периферии.

Согласно принципу Даламбера [3], уравнение динамического равновесия материальной частицы в проекциях на оси натурального триедра траектории (τ, b, n) , рисунок 2. будет

$$\begin{aligned} \sum \tau &= [F_n \sin(a_r + \theta + \varphi) - G_r^{III} \cos \theta - F_{k_1} - F_u^t - G_r^1 \sin \theta] \cdot \cos \varepsilon - \\ &- (F_u + G_r^{II} - F_u^H - F_{k_{II}}) \cdot \sin \varepsilon = 0, \end{aligned} \quad (5.)$$

$$\sum b = \pm F_n \cdot \cos(a_r + \theta - \varphi) + G_r^{III} \cdot \sin \theta - G_r^1 \cdot \cos \theta = 0, \quad (6.)$$

$$\begin{aligned} \sum n &= (F_u + G_r^{II} + F_u^H - F_{k_{II}}) \cdot \cos \varepsilon + [F_n \sin(a_r + \theta + \varphi) - \\ &- G_r^{III} \cdot \cos \theta - F_{k_1} - F_u^t - G_r^1 \sin \theta] \cdot \sin \varepsilon \end{aligned} \quad (7.)$$

Решая эти уравнения совместно, исключая из них силу F_n , после соответствующих преобразований исключения и времени посредством выражения элементарного угла поворота по дуге O_1, O_2 (рисунок 1.) частицы $d\varepsilon = (\omega - \omega_r) dt$, получим:



$$\begin{aligned}
 \frac{d\omega_r}{d\varepsilon} &= \frac{\pm \frac{\sin([a_r + \varphi]\omega_r + \cos(a_r + \varphi) \cdot \operatorname{tg} a_r (\omega - \omega_r))}{\cos(a_r + \varphi)\omega_r - \sin(a_r + \varphi)\operatorname{tg} a_r (\omega - \omega_r)}}{(\omega - \omega_r)r[\omega_r - (\omega - \omega_r)\operatorname{tg}^2 a_r]} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{[g \cdot \sin \beta_u \cdot \omega_r - g \cdot \cos \beta_u \sin \varepsilon \cdot \operatorname{tg} a_r (\omega - \omega_r)] -}{(\omega - \omega_r)r[\omega_r - (\omega - \omega_r)\operatorname{tg}^2 a_r]} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{-f_r(\omega_r^2 + g \cdot \cos \beta_u \cdot \cos \varepsilon) \sqrt{\omega_r^2 + (\omega - \omega_r)^2} \cdot \operatorname{tg}^2 a_r -}{(\omega - \omega_r)r[\omega_r - (\omega - \omega_r)\operatorname{tg}^2 a_r]} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{-g \cdot \sin \beta_u \cdot \operatorname{tg} a_r (\omega - \omega_r) - g \cdot \cos \beta_u \sin \varepsilon \cdot \omega_r}{(\omega - \omega_r)r[\omega_r - (\omega - \omega_r)\operatorname{tg}^2 a_r]} \rightarrow
 \end{aligned} \tag{8.}$$

Интегрированием уравнения (8.) методом Эйлера [3] можно получить кривые зависимости ω_r от ε для шнеков с различными параметрами.

В наклонном шнеке имеет место периодически установившееся движение материальной частицы. Максимальное значение ω_r^{\max} на участке значениями угла $2k\pi > \varepsilon > (2k-1)\pi$, а значение ω_r^{\min} в зоне $(2k+1)\pi > \varepsilon > 2k\pi$, где (k) любое число. В целях упрощения для наклонных шнеков можно принимать среднее значение угловой скорости на участке периодически установившегося движения:

$$\omega_r^{\text{cp}} = \int_{\varepsilon=2k\pi}^{\varepsilon=(2k+1)\pi} \cdot \omega_r d\varepsilon \cong \frac{\omega_r^{2k\pi} + \omega_r^{(2k+1)\pi}}{2} \tag{9.}$$

Значения ω_r^{\max} и ω_r^{\min} можно найти методом последовательного приближения из уравнения (8.), приравняв правую часть к нулю при $\varepsilon = 2k\pi$ и $\varepsilon = (2k+1)\pi$. Однако для практических целей угловую скорость грунтовой частицы на периферии шнека можно принимать:

для вертикальных шнеков $0,4\omega < \omega_{r_u} < 0,5\omega$,

для круто наклонных ($\beta_u \geq 30^\circ$) $0,3\omega < \omega_{r_u} < 0,4\omega$,

где ω_{r_u} – угловая скорость частицы на периферии шнека, с^{-1} .

Исследование уравнения (8.) показало, что в определенной зоне, ограниченной цилиндрическим контуром почвенного вала, частицы грунта сравнительно быстро приобретают угловую скорость шнека и подъем их прекращается [2]. Величина так называемого критического радиуса $r_{\text{кр}}$ зависит от начальных условий и определяется из уравнения (8.) после подставки $\omega_r = \omega$ при $d\omega_r/d\varepsilon = 0$.



В горизонтальном ($\beta_{ш} < 30^\circ$) шнеке в период установившегося движения угловая скорость частицы равна нулю. Угол поворота частица ε , при котором начинается установившееся движение, зависит от начальных условий и может быть найден из уравнения (8.):

$$\varepsilon = \arctg[f_r \sin(a_r + \varphi) \cos^{-1}(a_r + \varphi)] \quad (10.)$$

максимальная производительность по разрыхленному грунту, определяемая пропускной способностью между верхними витками шнека будет:

$$\Pi = \int_{r_{сп}}^{r_{ш}} \mathcal{G}_r dS, \quad (11.)$$

где $r_{ш}$ – наружный радиус шнека;

\mathcal{G}_r – скорость скольжения грунта по винтовой поверхности шнека (относительная скорость);

dS – элементарная площадь сечения грунта, расположенного между верхними витками в плоскости, перпендикулярной вектору относительной скорости.

Производительность шнека в плотном теле будет:

$$\Pi_T = \frac{1}{K_p K_{кр}} \int_{r_{сп}}^{r_{ш}} \mathcal{G}_r \cdot dS^I, \quad (12.)$$

k_p – коэффициент разрыхления грунта, для нашего случая $k_p = 1,14 \dots 1,28$ [4].

Грунт в сечении шнека плоскостью, проходящей через ось шнека, занимает площадь, ограниченную снизу прямой линией, перпендикулярной оси шнека (рисунок 4.). Тогда в сечении получим прямоугольник длиной l^{Π} , которую можно принять равной шагу шнека $l^{\Pi} = l_{ш}$

Элементарная площадь сечения грунта на расстояние r от оси шнека будет равна:

$$dS = dS_1 \cdot \cos a_r = l_{ш}^1 d_r \cos a_r = 2\pi l_{ш}^1 (\sqrt{4\pi^2 \cdot r^2 + (l_{ш}^1)^2})^{-1} \cdot r d_r, \quad (13.)$$

где dS_1 – элементарная площадь грунта в осевом сечении (рисунок 4.)

В горизонтальных и пологонаклонных шнеках при угле наклона $\beta_{ш} \leq 30^\circ$ угловая скорость частицы материала $\omega^{\varphi} r_{ш} = 0$. Для расчета производительности (м³/ч) можно пользоваться [1] следующей формулой:

$$\Pi_T = 450(d_{ш}^2 - d_b^2) l_{ш}^1 \omega \cdot K_H K_\beta \cdot K_p^{-1}, \quad (14.)$$

где $d_{ш}$, d_b – соответственно диаметры шнека и вала, м;



K_n – коэффициент наполнения шнека, для нашего случая можно принять равный $K_n=0,2...0,4$; K_β – коэффициент, учитывающий угол наклона шнека к горизонту $\beta_{ш}$, $K_\beta=1,0...0,8$ [2].

Выбор и обоснование основных параметров шнека.

К основным параметрам шнекового рабочего органа относятся: длина транспортирующей части – $l_{ш}$, режущей части – l_p , диаметр шнека – $d_{ш}$, окружная скорость на режущей кромке $\vartheta_{окр}$, шаг шнека- $l_{ш}$, рабочая скорость перемещения ϑ_p .

Длину транспортирующей и режущей частей шнека принимают конструктивно, исходя из типа шнека и параметров обрабатываемой среды. Для предварительных расчетов можно принимать длину транспортирующей части горизонтально расположенного шнека $l_{ш}=l_p=(0,7...0,8) b_n$, где b_n – ширина захвата ковша планировщика.

Диаметр шнека $d_{ш}$ с горизонтально расположенным рабочим органом при заданной производительности $\Pi_T^1=\Pi_T$ может быть определен из формулы (14.) после некоторых преобразований, м;

$$d_{ш} \geq \sqrt{\Pi_T^1 \cdot K_p (900\vartheta_{окр} \cdot K_a K_n \cdot K_\beta)^{-1} + d^2_{\vartheta}}, \quad (15.)$$

где $\vartheta_{окр}$ – окружная скорость на режущей кромке шнека, $\vartheta_{окр}=1,5...3$ м/с; K_a – коэффициент, учитывающий наклон режущей кромки шнека, $K_a=l_{ш}/d_{ш}=0,7...1,0$. Остальные обозначения см. формулу (14.).

Шаг, горизонтально расположенного шнека $l_{ш}$ принимаем равным $l_{ш}=K_a d_{ш}$, значение K_a принимают в зависимости от наклона режущей кромки шнека. Для нашего случая можно принять K_a равным 0,85.

Рабочая скорость перемещения грунта шнеком должна равняться скорости наполнения ковша планировщика грунтом. Последнее зависит от скорости поступательного движения планировщика. Для нашего случая с определенной точностью можно принять $\vartheta_{гр}=\vartheta_{ков}=\vartheta_{п}$, где $\vartheta_{гр}$ – скорость перемещения грунта шнеком, $\vartheta_{ков}$ – скорость наполнения ковша планировщика грунтом, $\vartheta_{п}$ – поступательная скорость движения планировщика, м/с.

Рабочую скорость перемещения планировщика ещё можно определить из условия обеспечения заданной производительности на срезе грунта ковшом планировщика. Для горизонтально расположенного шнека рабочая скорость ($\vartheta_{п}$) перемещения, м/с:

$$\vartheta_{п} = \Pi_T \cdot l_p^{-1} \cdot h_p^{-1}, \quad (16.)$$

где Π_T – производительность планировочного агрегата на срезе грунта, м³/с;



l_p – длина режущей части ножа планировщика, м; h_p – толщина срезаемого слоя грунта, м.

Анализ выше приведенной теоретической предпосылки определение производительности шнекового рабочего органа говорит о том, что с увеличением скорости вращения и диаметров шнека увеличивается производительности шнекового рабочего органа. Немаловажное значение имеет и шаг шнека с увеличением которой увеличивается объем перемещаемого грунта к боковым стенкам ковша планировщика, что в свою очередь способствует равномерному распределению грунта призмы волочения по ширине прохода планировщика. С увеличением скорости поступательного движения планировщика работоспособность шнекового рабочего органа возрастает, то есть большой объем грунта шнеки перемещают в стороны относительно друг от друга. Но такое улучшение работы шнекового рабочего органа для нашего случая, как показали выборочные опыты с экспериментальным образцом мини планировщика происходит до скорости 2 м/с поступательного движения агрегата. Свыше этой скорости шнеки начинают забиваться грунтом и технологический процесс работы шнекового рабочего органа нарушаются.

Литература

1. Г. В. Веденяпин и другие. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Изд-во «Сельхозлитература». Москва, 1963г.
2. Васильев Б. А. и др. «Мелиоративные машины». Москва, «Колос», 1980г
3. Бермант А. Ф. «Курс математического анализа». Часть I и II, Издательство «Технико-теоретической литературы», Москва, 1956г.
4. Ветров Ю. А. «Резание грунтов землеройными машинами», Москва «Машиностроение», 1971г.

SUMMARY

In the article, scientific attempt made to determine productivity of shnek working particle in front of kovsh of planner, depending on basic functioning parameters of shnek. This work supports practical solution of using shnek-working particle in current planning of fields.

