

Секция 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.331.024.2/3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКТИВНЫХ УСИЛИЙ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА С РАЗНОВЕЛИКИМИ ДИСКАМИ

О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент

А. А. СЫСОВЕВ, магистр техн. наук

Г. А. ВАЛЮЖЕНИЧ, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Многочисленными опытами установлено, что в процессе работы сошников перед рабочей поверхностью образуется тело повышенного давления, а разрушение почвенного пласта происходит по поверхностям скольжения, образующего тело скольжения [1].

Форма тела скольжения обусловлена свойствами и состоянием почвы, а также формой поверхности сошника (рис. 1).

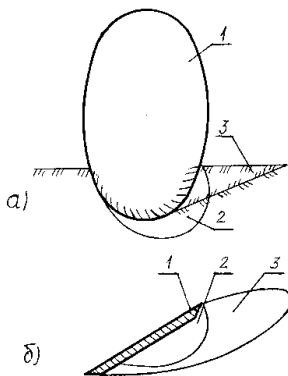


Рис. 1. Сдвиг почвенного пласта сошником: а – вид сбоку;
б – вид сверху; 1 – диск сошника; 2 – уплотненный слой; 3 – тело скольжения

Процесс образования борозды может проходить двумя путями: с образованием тела повышенного давления (уплотненного слоя почвы) и без образования его. В первом случае скольжение проходит по гра-

нице «почва – почва», а во втором – «почва – рабочая поверхность». В первом случае сумма всех приложенных сил ко всем поверхностям тела скольжения в каждый конкретный момент времени равна сумме реактивных сил, возникающих на поверхности тела повышенного давления [2, 3]. Это можно записать следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m \int \int_{\sigma_{1i}} F \cdot n \cdot d\sigma_{1i} = \sum_{j=1}^q \int \int_{\sigma_{2j}} [X \cos(n, x) + Y \cos(n, y) + Z \cos(n, z)] d\sigma_{2j}, \quad (1)$$

где m – количество поверхностей тела повышенного давления;

σ_{1i} – поверхности тела повышенного давления;

F – вектор элементарной (в точке) реакции поверхности тела повышенного давления;

n – единичный вектор нормали в этой точке;

q – количество поверхностей скольжения в теле скольжения;

σ_{2j} – поверхности тела скольжения;

X, Y, Z – непрерывные функции координат, являющиеся проекциями вектора элементарной реакции.

Если интегрировать элементарную реакцию по отдельным поверхностям рабочей поверхности, то получится подобное уравнение для случая образования борозды без образования тела повышенного давления.

Чтобы определить усилия, действующие на сошник со стороны почвы, или оценить воздействие рабочих поверхностей на почву аналитическим методом, необходимо знать вектор элементарной реакции в каждой точке поверхности. Из анализа правой части (1) следует, что он определяется физико-механическими и технологическими свойствами почвы (величины X, Y, Z) и геометрическими параметрами взаимодействующей поверхности (величины $\cos(n, x), \cos(n, z)$).

Рассмотрим процесс взаимодействия в конкретной точке поверхности (рис. 2).

Нормальная составляющая N определяется из выражения:

$$N = E_0 + E_p, \quad (2)$$

где $E_0 = E_0(z)$ – статическая составляющая реакции почвы, зависящая от вертикальной координаты Z ;

$E_p = E(v, \eta)$ – динамическая составляющая реакции почвы, зависящая от поступательной скорости v рабочей поверхности и направления (угол η) вектора поступательной скорости по отношению к нормали.

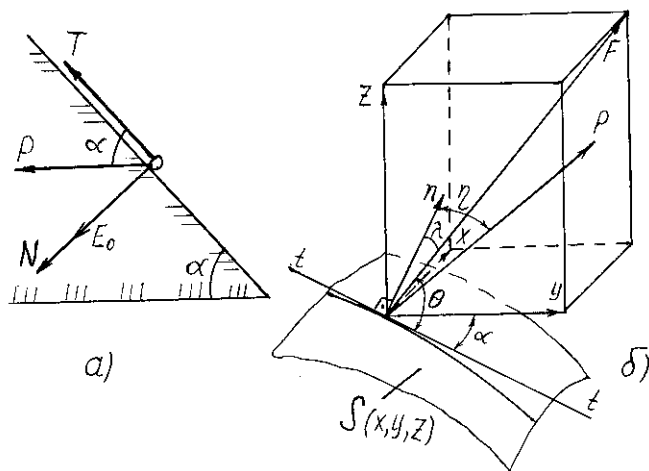


Рис. 2. Взаимодействие рабочей поверхности с почвой:
а – сечение рабочей поверхности; б – общий случай

Для дисковых сошников справедливо соотношение (рис. 2, б):

$$\cos \eta = \cos(n, p), \quad (3)$$

а скорость определяется как $v = v(x, y, z)$.

Известно, что [4]

$$E_p = p \cdot \cos \eta = \rho \cdot v^2 S \cos \eta, \quad (4)$$

где p – величина динамического напора;

ρ – плотность почвы;

S – площадь рабочей поверхности.

Учитывая, что сила трения T определяется:

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где φ – угол трения,
можно записать:

$$T = (E_0 + \rho v^2 \cdot S \cdot \cos \eta) \operatorname{tg} \varphi. \quad (6)$$

Направление вектора F элементарной реакции составляет угол θ с касательной к поверхности $t-t$, вдоль которой движется почва, и угол λ – с нормалью в этой же точке (рис. 2, б). На основании этого можно записать:

$$F = (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos \theta} \quad (7)$$

или

$$F = \frac{(E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta)}{\cos \lambda}. \quad (8)$$

Приравняв правые части (7) и (8), получим:

$$\theta = \arccos (\cos \lambda \cdot \operatorname{tg} \varphi). \quad (9)$$

Проанализировав уравнение (9), можно сделать вывод, что направление скольжения почвы по рабочей поверхности сошника, определяемое углом θ , зависит от двух углов: угла между скоростью поступления почвы на поверхность и нормалью к поверхности и угла трения. Вектор элементарной реакции в каждой точке поверхности можно определить, зная эти два угла и динамический напор почвенной массы.

Установив интегральное усилие, действующее со стороны почвы и его направление, можно определить технологические параметры сошника, а также его энергетические показатели.

Из рис. 2, б найдем проекции вектора элементарной реакции на декартовы оси координат

$$X = N \cos(n, x) + T \cos(t, x), \quad (10)$$

$$Y = N \cos(n, y) + T \cos(t, y), \quad (11)$$

$$Z = N \cos(n, z) + T \cos(t, z). \quad (12)$$

Преобразуем эти уравнения с учетом формул(2)...(6)

$$X = (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta)(\cos(n, x) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos(t, x)), \quad (13)$$

$$Y = (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta)(\cos(n, y) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos(t, y)), \quad (14)$$

$$Z = (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta)(\cos(n, z) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos(t, z)). \quad (15)$$

Чтобы определить реакцию конкретных рабочих органов, необходимо установить величину η . Из литературных источников [5] известно, что для поверхностей сошников этот угол находится

$$\eta = \arctg(\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta), \quad (16)$$

где α и β – углы, характеризующие рабочую поверхность в точке соответственно в продольно- и поперечно-вертикальной плоскостях.

Тогда для рабочей поверхности $S(x, y, z)$:

$$\alpha = \arctg \frac{dS(x, y, z)}{dx}, \quad (17)$$

$$\beta = \arctg \frac{dS(x, y, z)}{dy}, \quad (18)$$

так как

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dS(x, y, z)}{dy} \right)^2}}, \quad (19)$$

то можно записать, что

$$\eta = \arctg \left(\frac{dS(x, y, z)}{dx} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dS(x, y, z)}{dy} \right)^2}}. \quad (20)$$

Для определения тягового сопротивления комбинированного сошника, проинтегрировав X по проекции поверхности на плоскость YOZ , получим:

$$F_t = \iint_{\sigma_{yz}} (E_0 + \rho \times v^2 \times S \cos \eta) (\cos(n, x) + \operatorname{tg}(\cos(t, x))) dy \times dz + P_0(S, M) \operatorname{tg} n. \quad (21)$$

где $P_0(S, M)$ – усилие на опорную поверхность сошника, зависящее от рабочей поверхности S и механизма навески M .

Боковая составляющая реакции $F_{\bar{\sigma}}$ для комбинированного сошника с разновеликими дисками определится выражением:

$$\begin{aligned} F_{\bar{\sigma}} = & \iint_{\sigma_{xz}^I} (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta) (\cos(n, y) + \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos(t, y)) dx dz - \\ & - \iint_{\sigma_{xz}^{II}} (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta) (\cos(n, y) + \operatorname{tg} \varphi (\cos(t, y))) dx dz, \end{aligned} \quad (22)$$

где σ_{xz}^I и σ_{xz}^{II} – области интегрирования соответственно по левому и правому дискам.

Очевидно, что при положительном значении выражения (22) направление боковой составляющей будет слева направо и наоборот.

В реальных условиях упругий элемент механизма подвески сошника должен компенсировать вертикальную составляющую реакции поч-

вы. А сама составляющая F_v от динамического напора может быть определена из выражения

$$F_v = \iint_{\sigma_{xy}} (E_0 + \rho \cdot v^2 \cdot S \cos \eta)(\cos(n, z) + \operatorname{tg} \varphi(t, z)) dx dy. \quad (23)$$

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: в процессе образования борозды рабочая поверхность сошника должна обеспечивать минимизацию или полное исключение тела повышенного давления.

Это обосновывается тем, что форма тела повышенного давления во многом является неопределенной, что не позволяет контролировать, а тем более прогнозировать углы, характеризующие процесс взаимодействия поверхности сошника с почвой. А, следовательно, не представляется возможным управлять процессом бороздообразования. Кроме того, при образовании тела повышенного давления имеет место скольжение почвы по почве, что приводит к возрастанию сил трения и энергозатрат на перемещение сошника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rathje, J. Der Schnittvorgang im Sande / J. Rathje // Sheft. – 1931. – № 350. – P. 34–39.
2. Петровец, В. Р. Технология и машины внесения минеральных удобрений и посева зерновых / В. Р. Петровец. – Минск: Ураджай, 1997. – 94 с.
3. Петровец, В. Р. Исследование силовых характеристик сошников / В. Р. Петровец, О. П. Лабурдов // Тракторы и сельхозмашины. – 1999. – № 8. – С. 24–25.
4. Флайшер, Н. М. К теории тягового сопротивления плуга / Н. М. Флайшер // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 5. – С. 46–50.
5. Исследование на ЭВМ рабочей поверхности тукового сошника / Г. Я. Штыльфус, Ю. В. Иванов, Б. А. Нефедов, Н. М. Флайшер // НТБ ВИМ. – Москва, 1984. – Вып. 58. – С. 25–28.

Аннотация. Получены аналитические зависимости реактивных усилий комбинированного сошника с разновеликими дисками для совмещенного внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур.

Они позволяют определить энергетические показатели, технологические параметры рабочих органов с помощью геометрических характеристик поверхностей сошника, за счет чего можно оценить распределение элементарных реакций почвы по сечению образуемой борозды.

Ключевые слова: сошник, борозда, усилие, тяговое сопротивление, поверхность.