

УДК 631.362

**ДВИЖЕНИЕ СЕМЯН ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПО  
ВИБРИРУЮЩЕЙ РЕБРИСТОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГИПОТЕЗЕ  
СУХОГО ТРЕНИЯ**

Тищенко Л.Н., Лукьяненко В.М., Жилина Е.А., Галич И.В., Никифоров А.А.  
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенка, г. Харьков, Украина

*В данной статье изложены основные положения, относящиеся к теории удара в гипотезе сухого трения, и на их основе получены формулы, связывающие доударную и послеударную скорость и условия их применимости.*

**Ключевые слова:** вибрационная семяочистительная машина, вибрирующая ребристая поверхность, теория удара, гипотеза сухого трения, семена эллиптической формы.

*В даній статті викладені основні положення, що відносяться до теорії удару в гіпотезі сухого тертя, і на їх основі отримані формули, що зв'язують доударну і післяударну швидкість і умови їх використання.*

**Ключові слова:** вібраційна насіннеочисна машина, вібруюча ребриста поверхня, теорія удару, гіпотеза сухого тертя, насіння еліптичної форми.

*Substantive provisions, related to the theory of blow in the hypothesis of dry friction, are expounded in this article, and on their basis formulas, relating speed to the blow and after and terms of their applied, are got.*

**Keywords:** oscillation machine for cleaning of seed, vibrating ribbed surface, theory of blow, hypothesis of dry friction, seed of elliptic form.

**Анотація**

**Рух насіння еліптичної форми по вібруючій  
ребристій поверхні в гіпотезі сухого тертя**

Тищенко Л.М., Лук'яненко В.М., Жилина О.О., Галич І.В., Никифоров А.О.

*В даній статті викладені основні положення, що відносяться до теорії удару в гіпотезі сухого тертя, і на їх основі отримані формули, що зв'язують доударну і післяударну швидкість і умови їх використання.*

**Abstract**

**Ruh of seed of elliptic form is on vibrating  
to the ribbed surface in the hypothesis of dry friction**

L. Tishenko, V. Lukyanenko, E. Zhilina, I. Galych, A. Nikiforov

*Substantive provisions, related to the theory of blow in the hypothesis of dry friction, are expounded in this article, and on their basis formulas, relating speed to the blow and after and terms of their applied, are got.*

**Постановка задачі.** Трудноотделимые семена сорняков и примесей выделить из семенных смесей рапса и других семян, имеющих подобную форму, на существующих воздушно – решетно – триерных зерноочистительных машинах весьма трудно [1-3]. Поэтому исследование новых рабочих органов машин для очистки семян сельскохозяйственных культур от трудноотделимых сорняков и примесей имеет важное значение.

**Основная часть.** Проведенные эксперименты показали, что более эффективная сепарация таких семян возможна на семяочистительных вибрационных машинах, рабочим органом которых являются ребристая поверхность [4-7].

Наилучшие результаты при этом можно получить при использовании режима непрерывного подбрасывания [8], то есть при такой установке частоты и амплитуды колебаний вибрирующей плоскости, когда семена двигаются, соударяясь с рабочей поверхностью, а не скользят по ней.

В работе [9] приведен вывод уравнений движения, описывающих данный режим, который сводится к применению уравнений обычной свободной динамики (описывающих фазу полета), решению уравнений встречи (определение момента контакта семени с поверхностью и основных параметров, характеризующих его доударное состояние) и применению формул теории удара, позволяющих получить значения параметров, являющихся начальными данными для следующей фазы полета.

В данной статье изложены основные положения, относящиеся к теории удара в гипотезе сухого трения (в работе [9] рассматривалась задача в гипотезе вязкого трения) и на их основе получены формулы, связывающие доударную и послеударную скорость и условия их применимости.

Пусть плоская фигура соударяется с неподвижной преградой, которую всегда можно представить в виде прямой (рисунок 1).

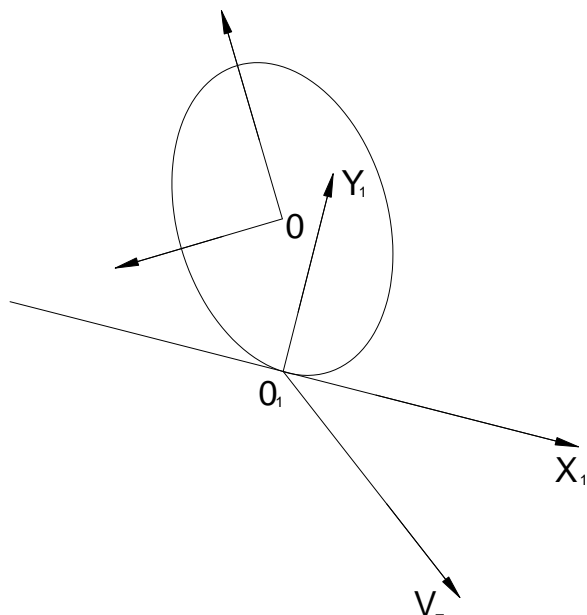


Рисунок 1 - Расчетная схема к определению послеударной скорости взаимодействия эллипса и неподвижной прямой

Введем систему координат  $O_1, X_1, Y_1$  одну из осей которой направим вдоль данной прямой, являющейся преградой (ось  $O_1 X_1$ ), а другую в направлении нормали к ней (ось  $O_1 Y_1$ ). Через  $(X_1 Y_1)$  обозначим координаты

центра тяжести плоской фигуры, а через  $(\dot{X}_1, \dot{Y}_1)$  координаты вектора скорости  $\bar{V}$  - точки соударения  $O_1$ .

Пусть  $(I_{X1}, I_{Y1})$  – координаты вектора ударного импульса.

Напомним, что изменение скорости  $O_1$  выражается формулой:

$$(\dot{X}_{1+}, \dot{Y}_{1+}) - (\dot{X}_1, \dot{Y}_1) = (I_{X1}, I_{Y1}) \cdot \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где

$$a_{11} = 1 + \frac{Y_1^2}{\rho^2}, \quad a_{12} = a_{21} = \frac{X_1 \cdot Y_1}{\rho^2}, \quad a_{22} = 1 + \frac{X_1^2}{\rho^2}.$$

Кинематическое условие, описывающее изменение нормальной составляющей вектора скорости имеет вид:

$$Y_{1+} = R \cdot \dot{Y}_1. \quad (2)$$

Второе условие, в гипотезе сухого трения, связывает величину нормальной ( $I_{Y1}$ ) и тангенциальной ( $I_{X1}$ ) составляющих ударного импульса, аналогично тому, как связаны нормальное и касательные составляющие силы реакции для сухого трения – скольжения с коэффициентом трения  $f$ . Данное соотношение является нелинейным. Отдельного рассмотрения требуют три случая.

а) Направление тангенциальной скорости точки  $O_1$  осталось неизученным.

б) Тангенциальная скорость точки  $O_1$  обратилась в нуль.

в) Направление тангенциальной составляющей скорости поменялось на противоположное.

В первом случае соотношение между компонентами ударного импульса имеет вид:

$$\dot{I}_{Y1} = -f \cdot I_{Y1} \cdot S, \quad (3)$$

где

$$S = \sin \dot{X}_1.$$

Как следует из (1), (2), (3) - составляющая ударного импульса выражается величиной:

$$I_{Y1} = -\frac{(1+R)}{a_{22} \cdot f \cdot S \cdot a_{12}}. \quad (4)$$

Условием применимости формул (3), (4) является неравенство:

$$0 < \dot{X}_1 \cdot S = |\dot{X}_1| - \frac{a_{21} - f \cdot S \cdot a_{11}}{a_{22} - f \cdot S \cdot a_{22}} \cdot (1 + R) \cdot \dot{Y}_1 \cdot S. \quad (5)$$

Если условие (5) не выполнено, то имеет место случай б или в. В обоих случаях считается, что процесс соударения проходит как бы в два этапа. На первом этапе тангенциальная составляющая скорости изменяется до нуля, и далее либо остается равной нулю, либо продолжает расти, изменив знак на противоположный.

Ударный импульс, соответственно этим двум этапам представляется в виде суммы:

$$(I_{X1}, I_{Y1}) = (\dot{I}_{X1}, \dot{I}_{Y1}) + (\ddot{I}_{X1}, \ddot{I}_{Y1}). \quad (6)$$

На первом этапе

$$\dot{I}_{X1} = -f \cdot S \cdot \dot{I}_{Y1}. \quad (7)$$

Величина  $\dot{I}_Y$  определяется из условия

$$0 = \dot{X}_{1-} + (\dot{I}_{X1} \cdot a_{21} + I_{Y1} \cdot a_{21}) = \dot{X}_{1-} + \dot{I}_{Y1} \cdot (a_{21} - f \cdot S \cdot a_{11}). \quad (8)$$

Откуда

$$\dot{I}_{Y1} = -\frac{\dot{X}_{1-}}{a_{21} - f \cdot S \cdot a_{11}}. \quad (9)$$

Тангенциальная составляющая послеударной скорости остается равной нулю, если

$$\left| \frac{a_{21}}{a_{11}} \right| \leq f. \quad (10)$$

Из требования равенства нулю тангенциальной скорости на втором этапе вытекает, что

$$\ddot{I}_{X1} \cdot a_{21} + \ddot{I}_{Y1} \cdot a_{21} = 0. \quad (11)$$

Следовательно, связь между компонентами ударного импульса на втором этапе в случае, когда тангенциальная скорость точки обратилась в нуль, имеет вид:

$$\ddot{I}_{X1} = -\frac{a_{21}}{a_{11}} \cdot \ddot{I}_{Y1}. \quad (12)$$

Подставив (6), (12) в (13) с учетом (2) имеем

$$-(1 - R) \cdot \dot{Y}_{1-} = (\dot{I}_{X1} \cdot a_{12} + \dot{I}_{Y1} \cdot a_{22}) + (\ddot{I}_{X1} \cdot a_{12} + \ddot{I}_{Y1} \cdot a_{22}) =$$

$$= (\dot{I}_{X1} \cdot a_{12} + \dot{I}_{Y1} \cdot a_{22}) + \ddot{I}_{Y1} \cdot \left( a_{22} - \frac{a_{12} \cdot a_{21}}{a_{11}} \right). \quad (13)$$

Откуда

$$\ddot{I}_Y = - \frac{a_{11}}{a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}} \cdot [(1 + R) \cdot Y_1 + (\dot{I}_{X1} \cdot a_{12} + I_Y \cdot a_{22})]. \quad (14)$$

Итак, ударный импульс во втором случае вычисляется по формулам (6), (9), (7), и (14), (12).

Наконец, если равенство (10) не имеет места, то на втором этапе

$$\ddot{I}_{X1} = f \cdot S \cdot \ddot{I}_{Y1}. \quad (15)$$

В соответствии с этим

$$-(1 + R) \cdot \dot{Y}_{1-} = (\dot{I}_{X1} \cdot a_{12} + \dot{I}_{Y1} \cdot a_{22}) + \ddot{I}_{Y1} \cdot (a_{22} + f \cdot S \cdot a_{12}). \quad (16)$$

Откуда

$$\ddot{I}_{Y1} = - \frac{1}{a_{22} + f \cdot S \cdot a_{12}} \cdot [(1 + R) \cdot \dot{Y}_{1-} + \dot{I}_{X1} \cdot a_{12} + \dot{I}_{Y1} \cdot a_{22}]. \quad (17)$$

**Выводы.** Следовательно, ударный импульс в третьем случае вычисляется по формулам (6), (9), (7), и (17), (15).

### Литература:

1. Средства механизации для возделывания, уборки и послеуборочной обработки рапса [Текст]: отчет о НИР (промежуточн.) / Всесоюз. научно-исслед. ин.-т масл. культур.- 0.СХ.65.04.06.03.- Краснодар, 1985.- 74 с.
2. Гайдаш, В.Д. Особенности уборки и послеуборочной обработки семян рапса [Текст] / В.Д. Гайдаш //Масличные культуры.- 1987.- № 4.- С. 16-17.
3. Уборка и послеуборочная обработка семян рапса [Текст] / С.Д. Крохмаль, В.Д. Шафоростов, И.П. Мамонцев, П.А. Курунин //Масличные культуры.-1987.- №1.- С. 18-21.
4. Очистка и сортирование семян рапса и сурепицы [Текст] / П.М. Заика, В.М. Лукьяненко, А.И. Бортников и др. // Научно – технический бюллетень ВНИИМК. - Краснодар, 1986.- вып. 4.- С. 43 – 46.
5. Движение тел круглой формы по вибрирующей ребристой плоскости в безотрывном режиме [Текст]: сб. науч. тр. / П.М. Заика, В.Я. Ильин, В.А. Сметанкин // Применение новейших математических методов и вычислительной техники в решении инженерных задач: МИИСП.- 1976.- Т. 13. Вып. 10.- С. 51-55.

6. Совершенствование конструкций, улучшение ремонта и эксплуатации с.-х. техники [Текст]: сб. науч. тр. / П.М. Заика, В.А. Гудым, П.М. Юдицкий // Движение семян круглой формы по вибрирующей ребристой плоскости в одноударном периодическом режим: ХСХИ. - Харьков, 1985.– с. 31-42.
7. Жмай, Л.Г. Обоснование параметров технологического процесса очистки и сортирования семян овощных культур на вибрационной семяочистительной машине [Текст]: авторефер. дис. ... канд. техн. наук / Л.Г. Жмай. -Харьк. ин.-т мех. и электр. с. х.– Харьков, 1990.- 20 с.
8. Заика, П.М., Мазнев, Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств [Текст] / П.М. Заика, Г.Е. Мазнев.- М.: Колос, 1978.– 287 с.
9. Движение семян рапса по вибрирующей ребристой поверхности в гипотезе вязкого трения [Текст] / Л.Н. Тищенко, В.М. Лукьяненко, Е.А. Жилина и др. // Вібрації в техніці та технологіях. – 2011. - №1(61). – С. 172-176.

#### **Відомості про авторів.**

Лук'яненко Володимир Михайлович; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, кафедра "Якість, стандартизація і сертифікація"; завідувач кафедри; кандидат технічних наук, доцент; адреса: 61050, Україна, м. Харків, пр.-т Московський, 45; тел. роб. (057)-732-54-33, тел. моб. 050-557-10-94; e-mail: vl2000@pochta.ru.

Тищенко Леонід Миколайович; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка; доктор технічних наук, професор, член-кореспондент УААН, перший проректор; адреса: Україна, м. Харків, вул. Артема, 44; тел. роб. (057)-700-38-88.

Жилина Олена Олександрівна; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, кафедра "Якість, стандартизація і сертифікація"; старший викладач; адреса: 61050, Україна, м. Харків, пр.-т Московський, 45; тел. роб. (057)-732-54-33, тел. моб. 095-423-51-03; e-mail: ellena33@mail.ru.

Галич Іван Васильович; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, кафедра "Якість, стандартизація і сертифікація"; асистент; адреса: 61050, Україна, м. Харків, пр.-т Московський, 45; тел. роб. (057)-732-54-33, тел. моб. 097-850-36-82; e-mail: galich\_iv@ukr.net.

Никифоров Антон Олексійович; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, кафедра "Якість, стандартизація і сертифікація"; завідувач лабораторії; адреса: 61050, Україна, м. Харків, пр.-т Московський, 45; тел. роб. (057)-732-54-33, тел. моб. 063-604-54-66.