

УДК 631.365.22

**ВАРИАНТЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВКИ
В СКРЕБКОВОМ ТРАНСПОРТЕРЕ**

Яхин С.М., Масалимов И.Х., Нафиков М.З., Марданов Р.Х.

Реферат. Рассматривается кинематика плоскопараллельного движения зерновки пшеницы или ржи при перемещении в наклонном положении в скребковом транспортере. Была составлена кинематическая схема плоскопараллельного движения зерновки в скребковом транспортере, определялось положение мгновенного центра скоростей плоской фигуры (МЦС), рассматривались варианты движения зерна в наклонном положении при различных возможных положениях МЦС. Профиль зерен очерчивается эллиптической кривой. Точка касания эллиптического профиля зерновки со скребком совершает сложное движение, при этом горизонтальная скорость скребка является для нее переносной, скорость скольжения по поверхности скребка относительной. Скорость точки касания зерновки с поддоном горизонтальна. Для шести возможных положений мгновенного центра скоростей определены направления скоростей точек контактов зерновки и действующих в них сил трения. Зерновки пшеницы или ржи, перемещаемые в скребковом транспортере, в некоторых случаях могут совершать плоскопараллельное движение. Точка касания эллиптического профиля зерновки со скребком совершает сложное движение, при этом горизонтальная скорость скребка является для нее переносной, скорость скольжения по поверхности скребка относительной. Скорость точки касания зерновки с поддоном горизонтальна.

Ключевые слова: пшеница, рожь, зерновка, скребковый транспортер, плоскопараллельное движение.

Введение. Профиль зерновки пшеницы или ржи можно описать эллиптической кривой [1,2].

В работе [2] рассматривается равновесие зерновки в наклонном положении, когда она касается одновременно вертикальной боковой стенки и дна транспортирующего лотка. От проскальзывания зерновка удерживается силами трения. Установлено, что равновесие теряется при наклоне больших осей эллиптического профиля зерновки от вертикали на угол более $37...38^\circ$.

Передвигаемая скребком по дну лотка транспортера зерновка в большинстве случаев, находясь в горизонтальном положении, перемещается поступательно. Однако в ряде случаев возможно и ее плоскопараллельное движение.

Условия, материалы и методы исследований. Цель данного исследования – рассмотреть возможные варианты плоскопараллельного движения зерновки, транспортируемой в скребковом транспортере. Применялись аналитические методы исследования. Была составлена кинематическая схема плоскопараллельного движения зерновки в скребковом транспортере, определялось положение мгновенного центра скоростей плоской фигуры (МЦС), рассматривались варианты движения зерна в наклонном положении при различных возможных положениях МЦС [3].

Анализ и обсуждение результатов исследования. Составлена приведенная на рисунке 1 схема плоскопараллельного движения зерновки в скребковом транспортере. Находящаяся в наклонном положении зерновка переме-

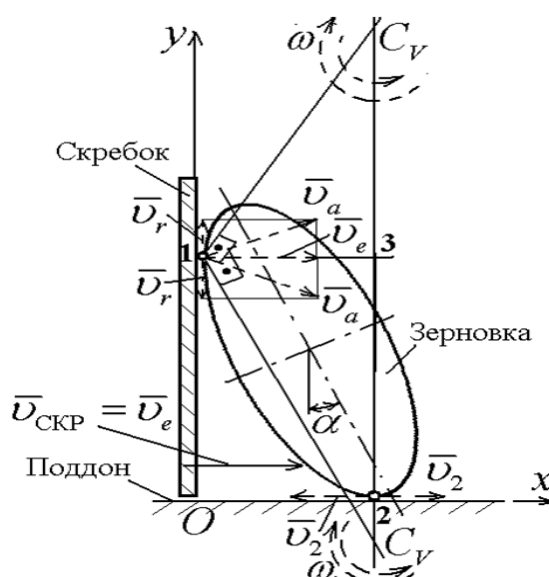


Рисунок 1 – Кинематическая схема плоскопараллельного движения зерновки в скребковом транспортере

щается в скребковом транспортере, угол наклона ее большой полуоси с вертикалью обозначен α .

Точка 1 касания эллиптического профиля зерновки со скребком совершает сложное движение, при этом горизонтальная скорость скребка является для точки переносной $\bar{v}_{СКР} = \bar{v}_e$, скорость \bar{v}_r скольжения по поверхности скребка относительной, абсолютная (результатирующая) скорость равна $\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$. Скорость \bar{v}_2 точки 2 касания зерновки с поддоном горизонтальна. Точка 3 на схеме построена, как точка пересечения нормалей, проведенных к эллиптическому профилю зерна в

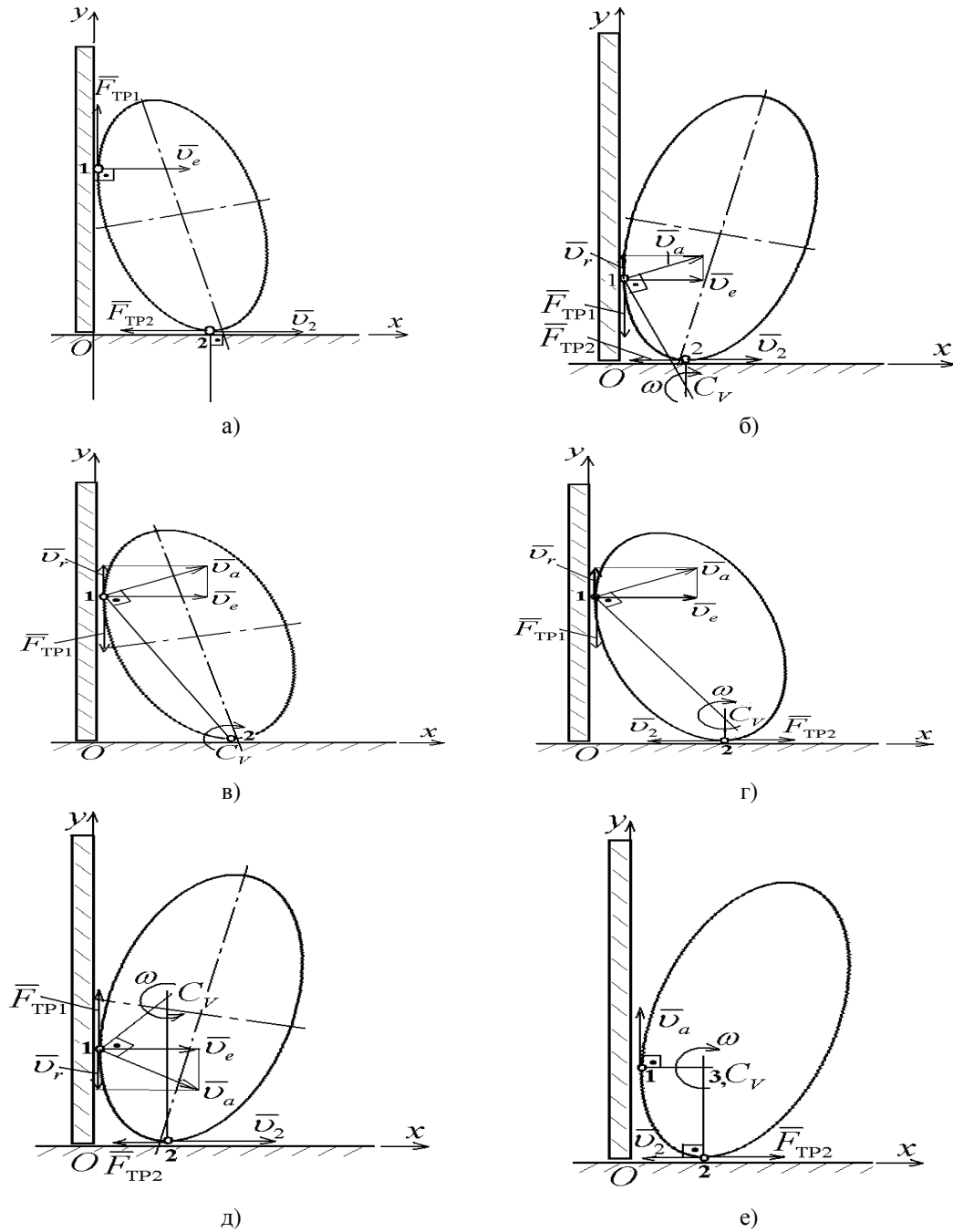


Рисунок 2 – Варианты расположения мгновенного центра скоростей зерновки:
 а – точка C_V бесконечно удалена; б – положение C_V ниже точки 2; в – точки C_V и 2 совпадают; г – точка C_V между точками 2 и 3; д – C_V выше точки 3; е – точки C_V и 3 совпадают

ее точках касания 1 и 2.

Силы трения \vec{F}_{TP1} и \vec{F}_{TP2} направлены против скоростей скольжения точек контакта (или против направлений возможного движения).

Зерно совершает плоскопараллельное движение. МЦС тела, обозначенный на схеме C_V , находится как точка пересечения перпендикуляров к векторам \vec{v}_a и \vec{v}_2 и расположен на вертикальной прямой 2-3. Точка C_V может занимать на вертикали 2-3 различные положения.

Рассмотрим возможные варианты расположения МЦС на вертикали 2-3 и установим

соответствующие каждому из этих вариантов направления вращения зерновки и скоростей ее точек касания 1 и 2 (рисунок 2). Также определим направления сил трения скольжения.

1) Точка C_V находится ниже точки 2 зерновки и бесконечно от нее удалена (рисунок 2, а). В этом случае зерновка имеет нулевую угловую скорость, движется поступательно, скорости всех точек зерна равны скорости скребка $\vec{v}_{СКР} = \vec{v}_e$. Силы трения \vec{F}_{TP1} и \vec{F}_{TP2} направлены соответственно против скоростей

\bar{v}_r и \bar{v}_2 , как показано на рисунке 2,а.

Не меняется характер движения твердого тела, если точка C_V расположена бесконечно выше точек 2 и 3.

2) МЦС ниже точки 2 и находится от нее на конечном расстоянии (рисунок 2,б). В рассматриваемом варианте движения зерно вращается по часовой стрелке, скорость \bar{v}_r скольжения точки контакта 1 относительно поверхности скребка направлена вверх, скорость \bar{v}_2 скольжения точки 2 по поддону – вправо. Направления сил трения $F_{ТР1}$ и $F_{ТР2}$ противоположны векторам, указанных на рисунке 2,б скоростей.

3) Точка C_V совпадает с точкой контакта 2 (рисунок 2,в). В этом случае зерновка перекатывается по дну поддона без скольжения, ее угловая скорость направлена по часовой стрелке, скорость \bar{v}_r – вверх, $\bar{v}_2 = 0$. Сила $F_{ТР1}$ направлена вниз, направление силы $F_{ТР2}$ по схеме на рисунке 2,в не определяется, ее мощность равна нулю.

4) Точка C_V расположена между точками 2 и 3 (рисунок 2,г). Направления векторов \bar{v}_r , \bar{v}_2 , $F_{ТР1}$, $F_{ТР2}$ и угловой скорости ω показаны на рисунке 2,г.

5. Не исключен вариант плоскопараллельного движения зерна в соответствии со схемой на рисунке 2,д, когда мгновенный центр скоростей расположен выше точки 3

(рисунок 2д). Угловая скорость зерновки противоположна часовой стрелке, направления векторов \bar{v}_r , \bar{v}_2 , $F_{ТР1}$, $F_{ТР2}$ показаны на чертеже.

б) Последний из возможных вариантов плоскопараллельного движения показан на рисунке 2,е. Точки C_V и 3 совпадают только в том случае, если абсолютная скорость \bar{v}_a точки контакта 2 вертикальна, что, в свою очередь, возможно лишь при отрыве твердого тела от поверхности скребка.

Выводы. 1. Показано, что зерновки пшеницы или ржи, перемещаемые в скребковом транспортере, в некоторых случаях могут совершать плоскопараллельное движение. Точка касания эллиптического профиля зерновки со скребком совершает сложное движение, при этом горизонтальная скорость скребка является для нее переносной, скорость скольжения по поверхности скребка относительной. Скорость точки 2 касания зерновки с поддоном горизонтальна.

2. Рассмотрены шесть возможных вариантов расположения мгновенного центра скоростей зерна, что позволило для каждого из этих вариантов установить направления векторов скоростей контактов, угловой скорости твердого тела, а также направления действующих на зерновку в контактах сил трения.

Литература

1. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев. – М.-Л.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1955. – 764 с.
2. Нафиков М.З. Равновесие зерновок пшеницы и ржи в наклонном положении / М.З. Нафиков, И.Х. Масалимов, В.А. Павленко / Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №3. – С.18-20.
3. Нафиков М.З. Теоретическая механики. Раздел кинематика. Конспект лекций. – Уфа: Изд-во Башкирского ГАУ, 2012. – 68 с.
4. Масалимов И.Х. Передвижная конвейерная сушилка. /Масалимов И.Х., Ганеев И.Р., Пермяков В.Н./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 9-10.
5. Масалимов И.Х. Как лучше сушить семена / Масалимов И.Х., Ефимов А.В., Ганеев И.Р., Пермяков В.Н.// Сельский механизатор. – 2009. – № 8. – С. 16-17.
6. Масалимов И.Х. Сушильно-сортировальная установка сыпучих материалов. / Масалимов И.Х., Пермяков В.Н., Ганеев И.Р. / Патент на полезную модель RUS 77950 10.09.2008
7. Масалимов И.Х. Устройство для сушки и сортировки сыпучих материалов/ Масалимов И.Х. Каримов Х.Т., Ганеев И.Р., Пермяков В.Н., Файзрахманов Ш.Ф. / Патент на изобретение RUS 2577909 05.03.2015

Сведения об авторах:

Яхин Сергей Мирбатович – доктор технических наук, доцент, e-mail: jcm61@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия
 Масалимов Ильгам Хамбаллович – кандидат технических наук, e-mail: mas-ilgam@mail.ru
 Нафиков Марат Закиевич – доктор технических наук, ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: nafikovmz@ Rambler.ru.
 Марданов Рамис Хазиахматович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: m.ramis@bk.ru
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

OPTIONS OF PLANE-PARALLEL MOVEMENT OF THE GRAIN IN THE SCRAPER CONVEYOR

Yakhin S.M., Masalimov I.H., Nafikov M.Z., Mardanov R.Kh.

Abstract. The kinematics of the plane-parallel motion of a grain of wheat or rye when moving in an inclined position in a scraper conveyor is considered. Profile bean-shaped to elliptic curve. The point of contact of the elliptical profile of the grain with the scraper makes a complex movement, while the horizontal speed of the scraper is portable for it, the

speed of sliding on the surface of the scraper is relative. The speed of the grain touch point with the pallet is horizontal. For six possible positions of the instantaneous velocity center, the directions of velocities of the contact points of the grains and the friction forces acting in them are determined.

Key words: wheat, rye, grain, scraper conveyor, plane-parallel movement.

References

1. Letoshnev M. N. Agricultural machines. Theory, calculation, design and testing / M. N. Letoshnev. - M.-L.: State publishing house of agricultural literature. 1955. – 764 p.
2. Nafikov M. Z. Equilibrium of grains of wheat and rye in an inclined position / Nafikov M. Z., I. K. Masalimov, A. V. Pavlenko / Bulletin of the Russian agricultural science. – 2015. – No. 3. – P. 18-20.
3. Nafikov M. Z. Theoretical mechanics. Section kinematics. Lecture notes. – Ufa, Bashkir state agrarian university, 2012. 68 p
4. Masalimov I. H. Mobile conveyor dryer. / Masalimov I. H., Ganeev I. R., Permyakov V. N. / Mechanization and electrification of agriculture. 2010. No. 3. S. 9-10.
5. Masalimov I. H. How to dry seeds / Masalimov I. H., Efimov A. V., Ganeev R. I., Permyakov V. N./Rural mechanic. 2009. No. 8. P.16-17.
6. Masalimov I. H. Drying and grading, the installation of bulk material. / Masalimov I. H., Permyakov, V. N., Ganeev I. R. / Patent for useful model RUS 77950 10.09.2008
7. Masalimov I. H. Device for drying and sorting of bulk materials/ Masalimov I. Kh., Karimov T. H., Ganeev R. I., Permyakov V. N. , Faizrakhmanov F. S. / Patent for the invention RUS 2577909 05.03.2015

OPTIONS FOR PLANE-PARALLEL MOVEMENT OF GRAINS IN A SCRAPER CONVEYOR

Yakhin S.M., Masalimov I.Kh., Nafikov M.Z., Mardanov R.Kh.

Abstract. The kinematics of plane-parallel motion of a wheat or rye grain when moving in an inclined position in a scraper conveyor is considered. A kinematic diagram of the plane-parallel motion of the grain in the scraper conveyor was compiled, the position of the instantaneous center of the flat figure was determined, and options for the movement of grain in an inclined position at various possible positions of instantaneous center were considered. The profile of the grains is outlined by an elliptical curve. The point of contact of the elliptical profile of the caryopsis with the scraper makes a complex motion, while the horizontal speed of the scraper is portable for it, the sliding speed on the surface of the scraper is relative. The speed of the touch point of the grain with the pan is horizontal. For six possible positions of the instantaneous center, the directions of the velocities of the points of contact of the grains and the friction forces acting in them are determined. Grains of wheat or rye, moved in a scraper conveyor, in some cases can make plane-parallel movement. The point of contact of the elliptical profile of the caryopsis with the scraper makes a complex motion, while the horizontal speed of the scraper is portable for it, the sliding speed on the surface of the scraper is relative. The speed of the touch point 2 of the grain with the pan is horizontal.

Key words: wheat, rye, grain, scraper conveyor, plane-parallel movement.

References

1. Letoshnev M.N. *Selskokhozyaystvennyye mashiny. Teoriya, raschet, proektirovanie i ispytanie.* [Agricultural machines. Theory, calculation, design and testing]. / M.N. Letoshnev. – M.-L.: Gosudarstvennoe izd-vo selskokhozyaystvennoy literatury. 1955. – P. 764.
2. Nafikov M.Z. The equilibrium of grains of wheat and rye in an inclined position. [Ravnovesie zernovok pshenitsy i rzhi v naklonnom polozenii]. / M.Z. Nafikov, I.Kh. Masalimov, V.A. Pavlenko / *Vestnik rossiysskoy selskokhozyaystvennoy nauki. – The Herald of Russian agricultural science.* – 2015. – №3. – P. 18-20.
3. Nafikov M.Z. *Teoreticheskaya mekhaniki. Razdel kinematika. Konspekt lektsiy.* [Theoretical mechanics. Section kinematics. Lecture notes]. Ufa, Bashkirskiy GAU, 2012. P. 68.
4. Masalimov I.Kh. Mobile conveyor dryer. [Peredvizhnaya konveernaya sushilka]. /Masalimov I.Kh., Ganeev I.R., Permyakov V.N./ *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture.* 2010. № 3. P. 9-10.
5. Masalimov I.Kh. What is the best way to dry seeds? [Kak luchshe sushit semena?] / Masalimov I.Kh., Efimov A.V., Ganeev I.R., Permyakov V.N. / *Selskiy mekhanizator. - Rural machine operator.* 2009. № 8. P. 16-17.
6. Masalimov I.Kh. *Drying and sorting plant for bulk materials.* [Sushilno-sortirovalnaya ustanovka sypuchikh materialov]. / Masalimov I.Kh., Permyakov V.N., Ganeev I.R. / Patent na poleznuyu model RUS 77950 10.09.2008
7. Masalimov I.Kh. *Ustroystvo dlya sushki i sortirovki sypuchikh materialov.* [Device for drying and sorting bulk materials]. / Masalimov I.Kh., Karimov Kh.T., Ganeev I.R., Permyakov V.N. , Fayzrakhmanov Sh.F. / Patent na izobretenie RUS 2577909 05.03.2015.

Authors:

Yakhin Sergey Mirbatovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: jcm61@mail.ru, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Masalimov Ilgam Khambalovich – Ph.D. of Technical Sciences, Bashkir State Agrarian University, e-mail: masilgam@mail.ru

Nafikov Marat Zakievich – Doctor of Technical Sciences, Bashkir State Agrarian University, e-mail: nafikovmz@rambler.ru

Mardanov Ramis Khaziakhmatovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: m.ramis@bk.ru, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.