

УДК 631.355.3

UDC 631.355.3

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СТЕБЛЯ ЛАПКАМИ ПОДАЮЩИХ ЦЕПЕЙ КУКУРУЗООБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**THEORETICAL SUBSTANTIATION OF MOVEMENT OF STEMS WITH PAWS OF POSTED CHAINS OF A CORN HARVESTER**

Труфляк Евгений Владимирович
д.т.н., профессор

Truflyak Evgeny Vladimirovich
Dr.Sci.Tech, professor

Сапрыкин Владимир Юрьевич
аспирант
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Saprykin Vladimir Yur'evich
postgraduate student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В данной работе представлено теоретическое обоснование взаимодействия лапки со стеблем при его перемещении в русле початкоотделяющего аппарата

This article presents a theoretical basis for the interaction of the foot with a stem as it moves in line with of corn cob separating apparatus

Ключевые слова: КУКУРУЗООБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН, ПОЧАТКООТДЕЛЯЮЩИЙ АППАРАТ, САХАРНАЯ КУКУРУЗА, ОТДЕЛЕНИЕ ПОЧАТКОВ, ЛАПКИ ПОДАЮЩИХ ЦЕПЕЙ

Keywords: CORN HARVESTER, POSTCOITALLY MACHINE, SWEET CORN, DEPARTMENT OF EARS, PAWS FEED CHAINS

Форма и параметры лапок подающих цепей початкоотделяющего аппарата кукурузоуборочного комбайна для уборки початков сахарной кукурузы должны обеспечивать надежный захват стеблей, равномерную подачу в заходную зону вальцов и перемещение стеблей в русле. При определении угла установки лапок подающих цепей к ветви цепи необходимо учитывать показатели трения стеблей об их рабочие поверхности.

Нами изготовлен экспериментальный образец однорядного комбайна для уборки початков сахарной кукурузы (рисунок 1).

Лапки каждого контура подающих цепей имеют резиновые накладки, обеспечивающие «бережное» перемещение отделенных початков [3, 4]. Причем лапки одного контура расположены посередине шага лапок смежного контура и имеют длину, обеспечивающую перекрытие лапок смежного контура.

В экспериментальном образце предусмотрена возможность изменения угла наклона лапок по отношению к подающей цепи.



Рисунок 1 – Экспериментальный образец:
a – лапки; *б* – подающие цепи с лапками

Рассмотрим момент взаимодействия лапки со стеблем при его перемещении [1] (рисунок 2).

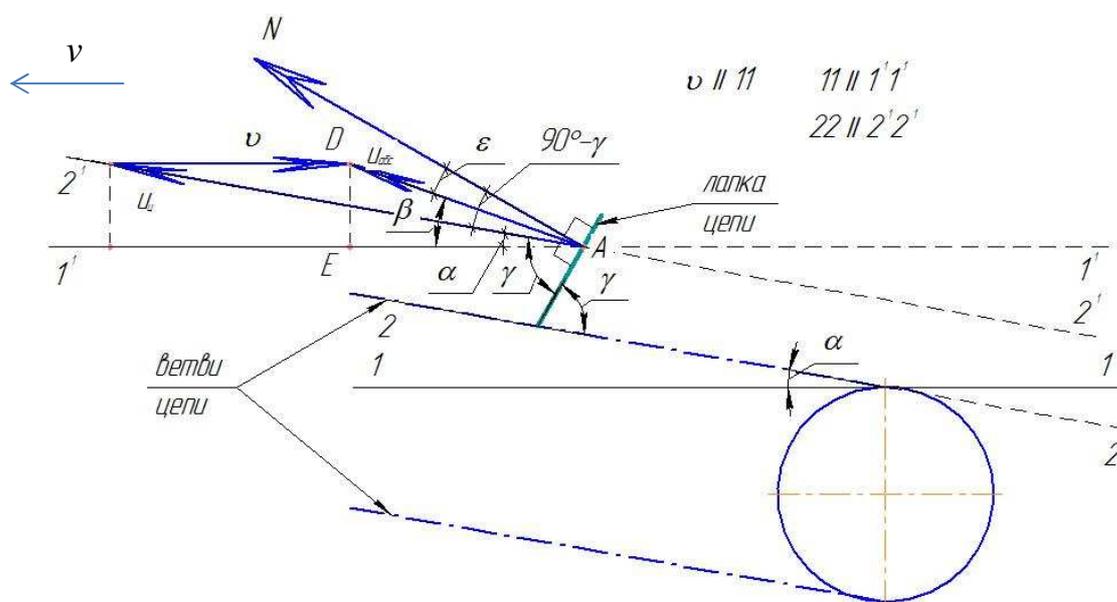


Рисунок 2 – Схема подачи стеблей лапками цепей

где α – угол между рабочей ветвью цепи и направлением движения, град.;

v – скорость движения, км/ч;

γ – угол наклона лапки к ветви цепи, град.;

u_{abc} – абсолютная скорость лапки цепи, км/ч;

β – угол между линией движения и абсолютной скоростью, град.;

N – нормаль к рабочей поверхности лапки;

ε – угол между нормалью N к рабочей плоскости лапки и направлением скоростей u_{abc} , град.;

φ – угол трения стебля по лапке, град.

Лапка цепи совершает сложное движение с абсолютными скоростями u_{abc} , направленными под углом β к линии движения.

Условие подвода стеблей лапками без скольжения:

$$\varepsilon \leq \varphi \quad (1)$$

где ε – угол между нормалью N к рабочей плоскости лапки и направлением скоростей u_{abc} , град;

φ – угол трения стебля по лапке, град.

Выразим ε через углы α и β , тогда

$$\varepsilon = 90 - \gamma - \beta + \alpha \leq \varphi \quad (2)$$

Из треугольника $\triangle ADE$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{DE}{EA}$$

Из треугольника $\Delta 2^1 A 1^1$

$$\sin \alpha = \frac{2^1 1^1 (DE)}{u_y} \Rightarrow DE = u_y \cdot \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{1^1 A}{u_y} \Rightarrow 1^1 A = u_y \cdot \cos \alpha$$

$$1^1 A = v + EA$$

$$EA = 1^1 A - v$$

$$EA = u_y \cdot \cos \alpha - v$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{DE}{EA} = \frac{u_y \cdot \sin \alpha}{u_y \cdot \cos \alpha - v}$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{u_y \cdot \sin \alpha}{u_y \cdot \cos \alpha - v} \quad (3)$$

$$\varepsilon = 90 - \gamma - \operatorname{arctg} \frac{u_y \cdot \sin \alpha}{u_y \cdot \cos \alpha - v} + \alpha \leq \varphi \quad (4)$$

При заданных значениях α , γ и φ из выражения определяем β :

$$\varepsilon = 90 - \gamma - \beta + \alpha \leq \varphi$$

$$90 - \gamma - \beta + \alpha \leq \varphi$$

$$\beta = 90 - \gamma + \alpha - \varphi \quad (5)$$

Угол наклона лапок подающих цепей γ изменяли согласно принятым с учетом априорной информации по отечественным и иностранным машинам данным – от 70° до 110° (рисунок 3).



$$\alpha_n = 110 \text{ град}$$

$$\gamma = 70 \text{ град}$$

$$\alpha_n = 90 \text{ град}$$

$$\gamma = 90 \text{ град}$$

$$\alpha_n = 70 \text{ град}$$

$$\gamma = 110 \text{ град}$$

Рисунок 3 – Угол наклона лапок подающих цепей (γ)

а) $\gamma = 70^\circ$ – отечественные машины (КСКУ-6, ППК-4, КМД-6 и т.д.)

б) $\gamma = 90^\circ$ – иностранные комбайны для уборки кукурузы в фазе молочной и молочно-восковой спелости (комбайны фирмы ОХВО 8420ХВ и Вигон 8420)

в) $\gamma = 110^\circ$ – [3] ($\alpha_n = 70 \text{ град}$ к продольной оси цепи)

Угол между рабочей ветвью цепи и направлением движения машины α (рисунок 4) находится в пределах $\angle \alpha = 2^\circ - 4^\circ$ [2]. Принимаем $\angle \alpha = 2^\circ$.

Угол трения стебля по лапке φ определяется из выражения:

$$f = \text{tg } \varphi \Rightarrow \varphi = \text{arctg } f, \quad (6)$$

где f – коэффициент трения движения зеленого стебля ($W=60\%$) [2] по прорезиненной поверхности лапки ($f = 1,04$).

Прорезиненная поверхность лапки выбрана из условия обеспечения надежного захвата стебля, его транспортирования без скольжения, а также «бережного» перемещения отделенных початков.

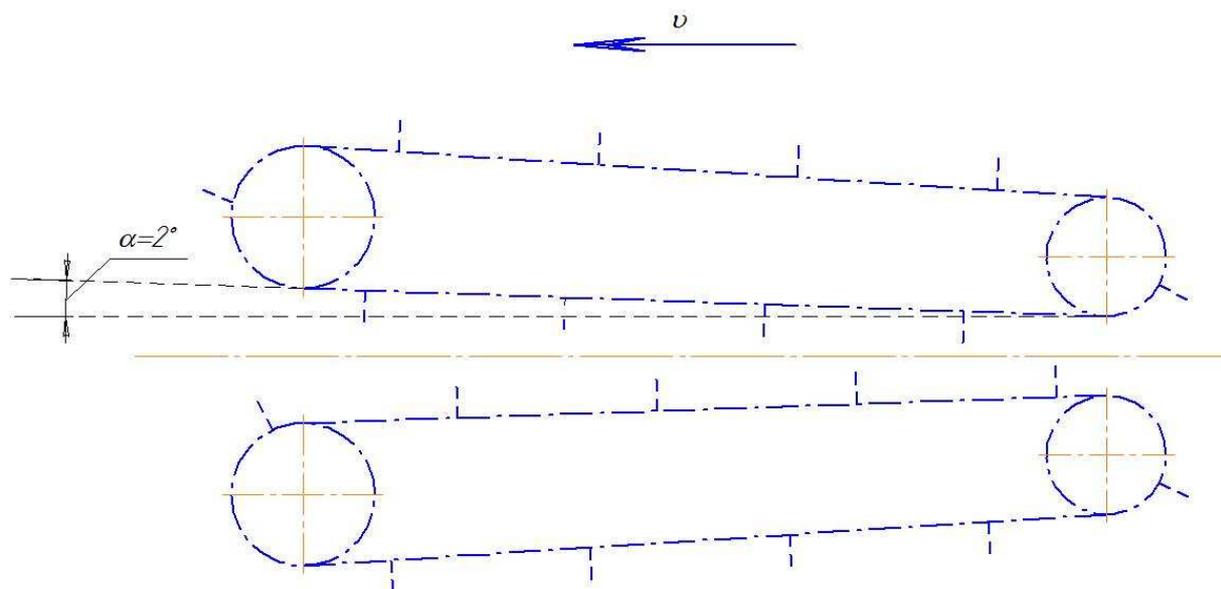


Рисунок 4 – Угол между рабочей ветвью цепи и направлением движения (α)

Из формулы (6) имеем: $\varphi = \arctg f = \arctg 1,04 = 46^\circ$.

Подставляем известные данные в формулу (5), получаем таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты определения угла β между линией движения и абсолютной скоростью, град

Угол наклона лапок подающих цепей (γ), град	Угол между линией движения и абсолютной скоростью (β), град
70	-24
90	-44
110	-64

Из формулы (3) определим значение u_y :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u_y \cdot \sin \alpha}{u_y \cdot \cos \alpha - v}$$

$$u_y \cdot \sin \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot (u_y \cdot \cos \alpha - v)$$

$$u_y \cdot \sin \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot u_y \cdot \cos \alpha - \operatorname{tg} \beta \cdot v$$

$$-\operatorname{tg} \beta \cdot u_y \cdot \cos \alpha + u_y \cdot \sin \alpha = -\operatorname{tg} \beta \cdot v$$

$$tg\beta \cdot u_{\text{ц}} \cdot \cos\alpha - u_{\text{ц}} \cdot \sin\alpha = tg\beta \cdot v$$

$$u_{\text{ц}} \cdot (tg\beta \cdot \cos\alpha - \sin\alpha) = tg\beta \cdot v$$

$$u_{\text{ц}} = \frac{tg\beta \cdot v}{tg\beta \cdot \cos\alpha - \sin\alpha}, \tag{7}$$

где v – скорость движения, км/ч.

Основной уровень скорости трактора ($v = 3$ км/ч) выбран с учетом средней рабочей скорости комбайна (фирм ОХВО 8420ХВ и Вурон 8420) при уборке кукурузы в фазе молочной и молочно-восковой спелости.

Верхний ($v = 5$ км/ч) и нижний ($v = 1$ км/ч) уровни варьирования соответствуют максимальной и минимальной рабочей скорости кукурузоуборочного комбайна.

Подставив в формулу (7) ранее выполненные промежуточные расчеты, представим результаты вычислений $u_{\text{ц}}$ в виде таблицы 2 и рисунка 5.

Таблица 2 – Результаты определения центробежной скорости $u_{\text{ц}}$ лапки цепи

Угол наклона лапок подающих цепей (γ), град	Скорость комбайна (v), км/ч	Угол между линией движения и абсолютной скоростью (β), град	Центробежная скорость цепи ($u_{\text{ц}}$), км/ч
70	1	-24	0,93
	3		2,78
	5		4,64
90	1	-44	0,97
	3		2,90
	5		4,83
110	1	-64	0,98
	3		2,95
	5		4,92

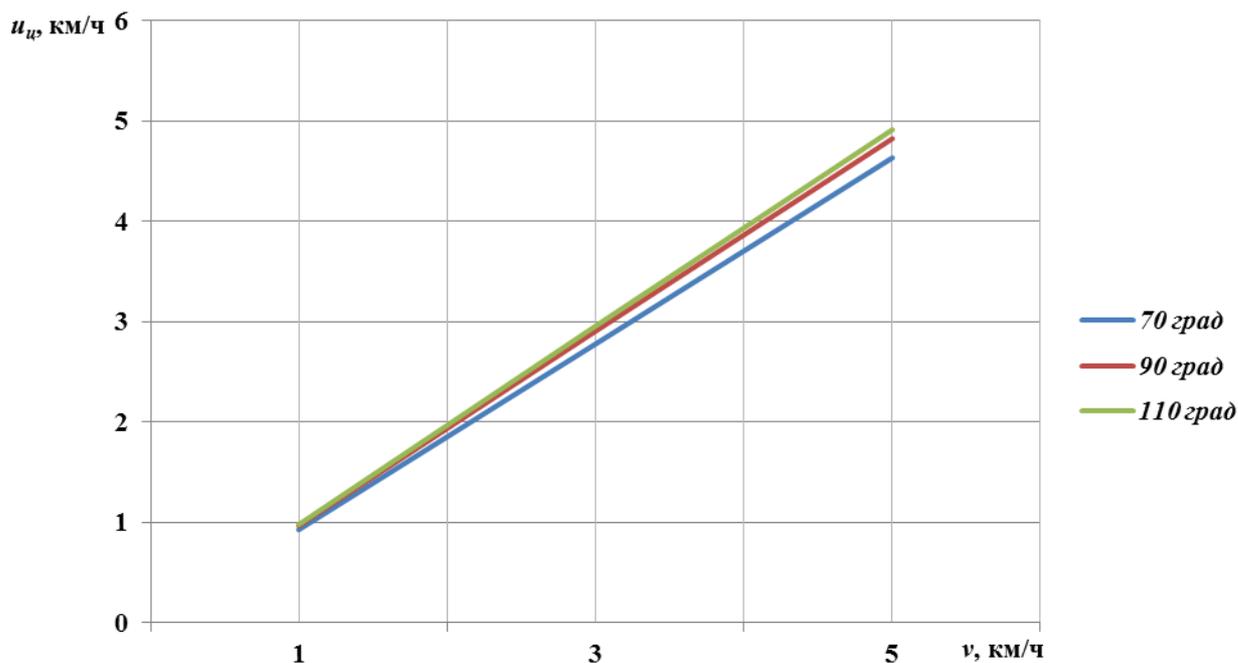


Рисунок 5 – Зависимость центробежной скорости лапки цепи от скорости комбайна

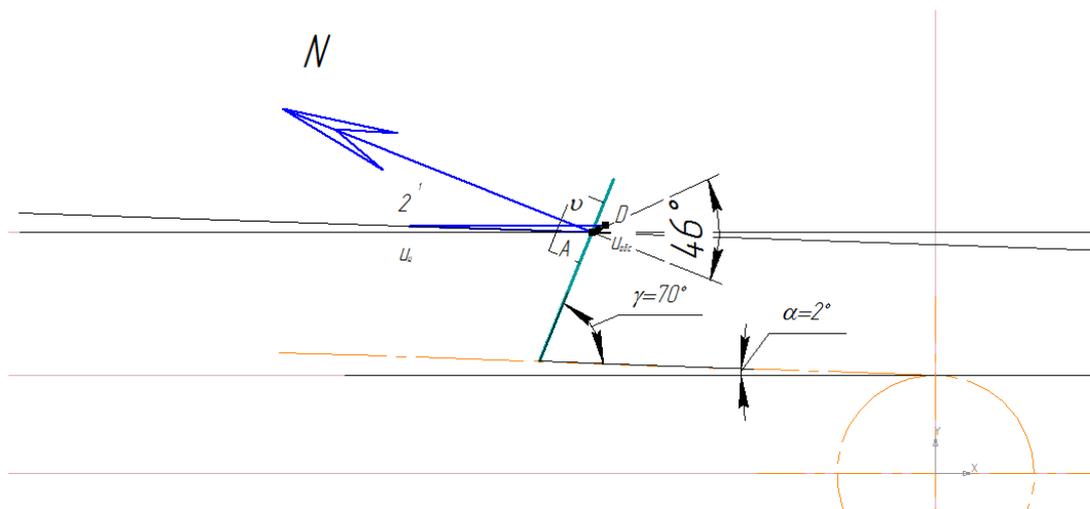
Анализируя полученную зависимость можно наблюдать необходимость увеличения скорости лапки цепи при увеличении скорости комбайна для всех углов наклона лапок.

Для графического отображения сил, действующих на стебель во время передвижения кукурузоуборочного комбайна, примем следующий масштабный коэффициент μ :

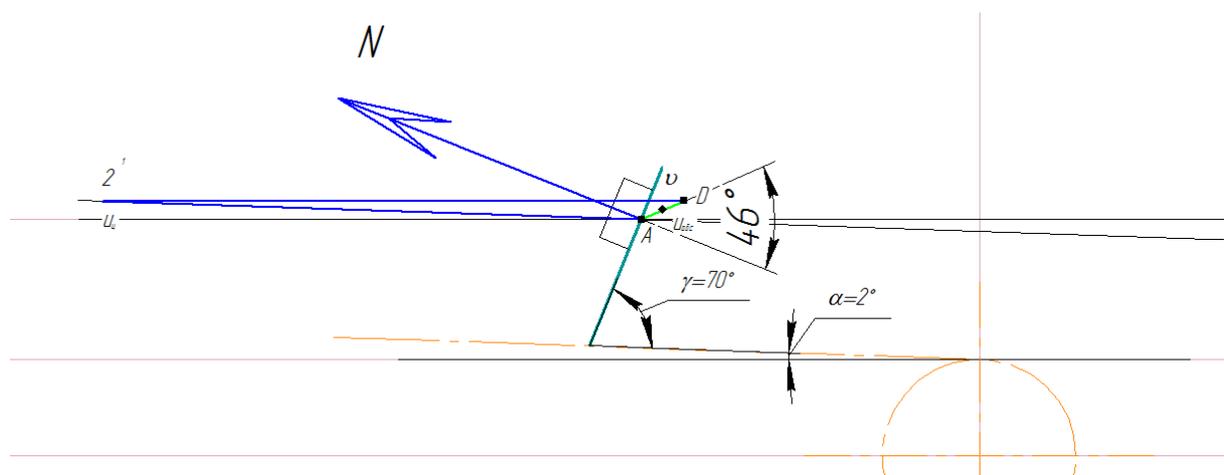
$$\mu = \frac{v_{\mu}}{v} = \frac{u_{ц\mu}}{u_{ц}} 30 \frac{\text{мм}}{\text{км/ч}} \Rightarrow v_{\mu} = v \cdot \mu; \quad u_{ц\mu} = u_{ц} \cdot \mu \quad (\text{мм}) \quad (8)$$

В результате определения длины векторов центробежной скорости лапки цепи и скорости движения комбайна, выполняем в программе КОМПАС-3D V13 соответствующие построения, позволяющие определить направление и величину (длину вектора) абсолютной скорости движения лапки цепи, и, используя ранее принятый масштабный коэффициент, значение абсолютной скорости.

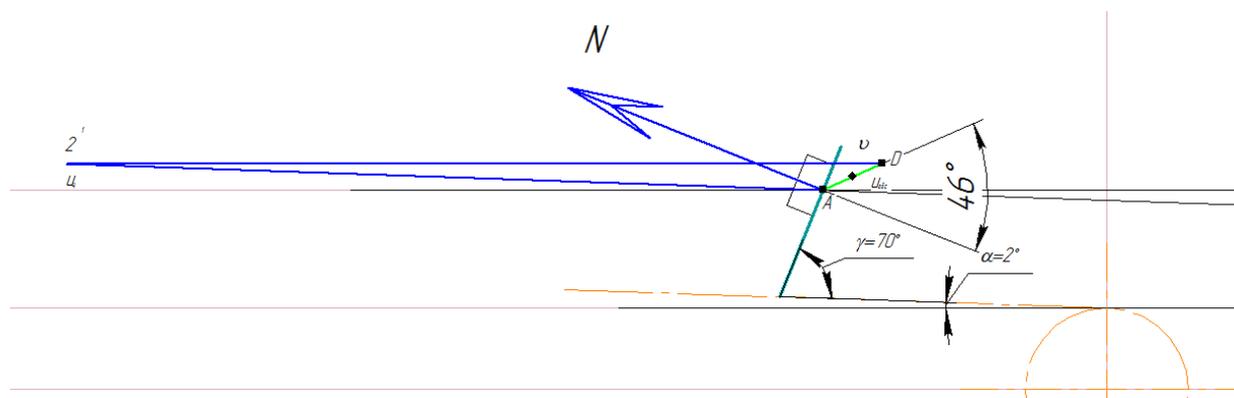
Графические схемы, полученные в результате расчетов, представлены на рисунке 6.



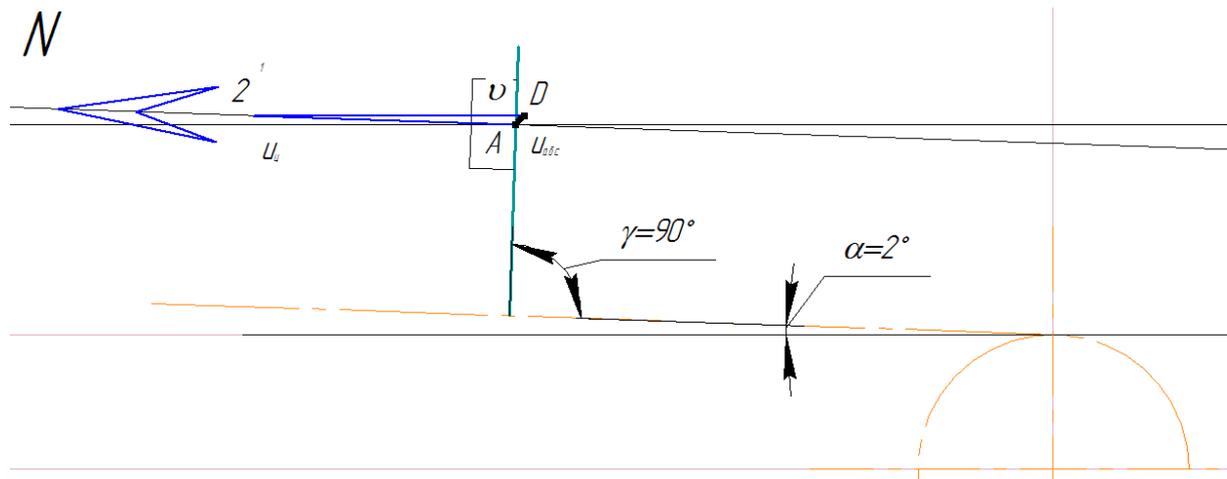
$\gamma = 70$ град; $v = 1$ км/ч; $u_{abc} = 0,08$ км/ч



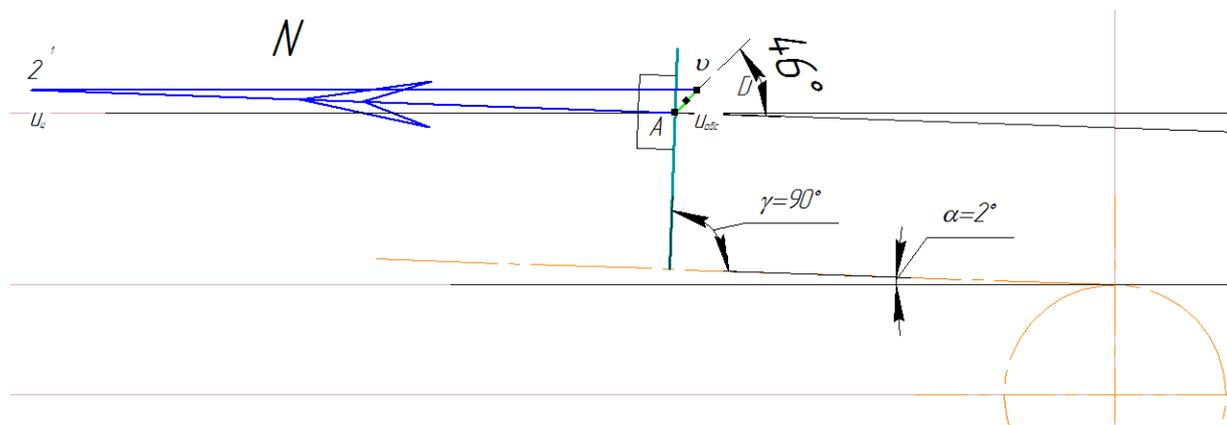
$\gamma = 70$ град; $v = 3$ км/ч; $u_{abc} = 0,24$ км/ч



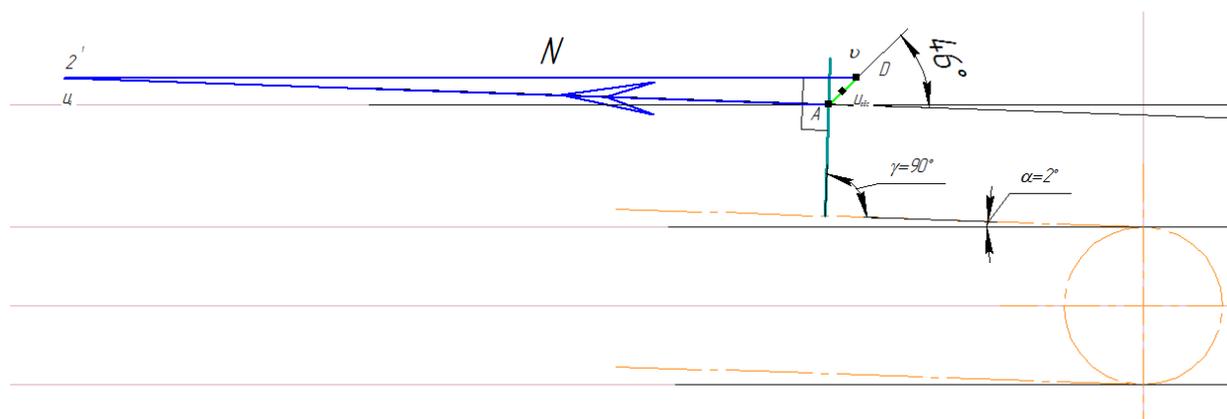
$\gamma = 70$ град; $v = 5$ км/ч; $u_{abc} = 0,40$ км/ч



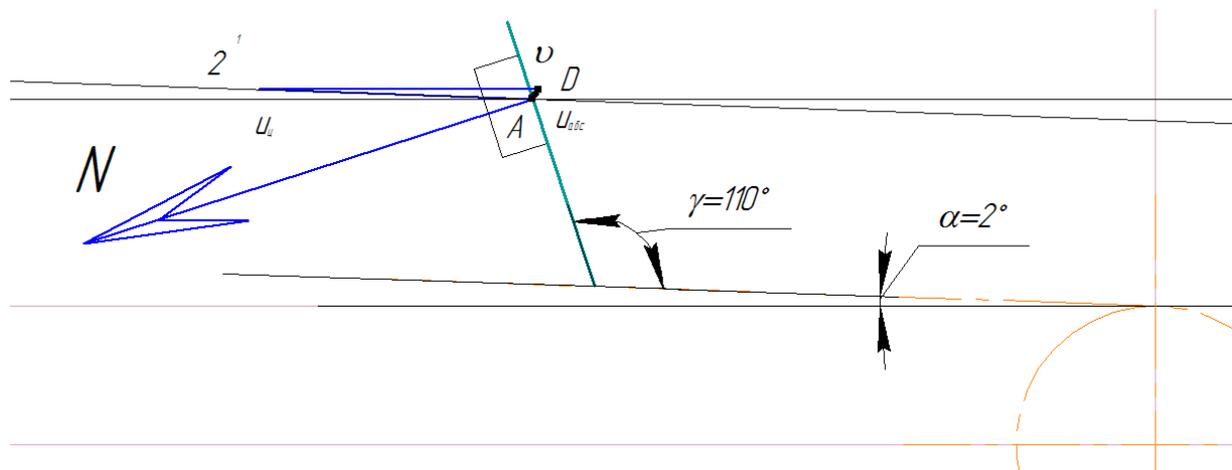
$\gamma = 90$ град; $v = 1$ км/ч; $u_{a\delta c} = 0,05$ км/ч



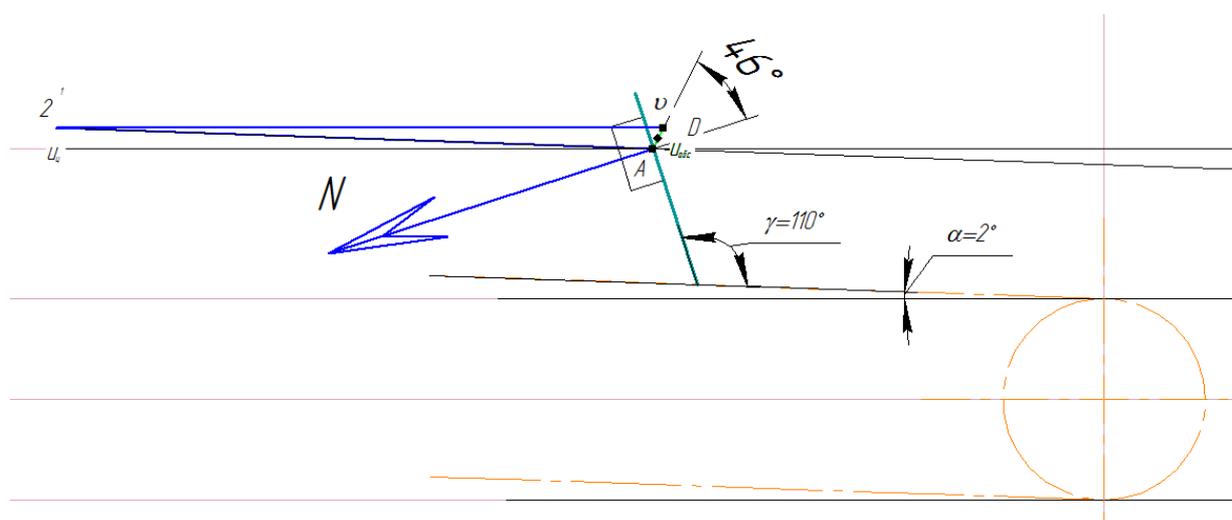
$\gamma = 90$ град; $v = 3$ км/ч; $u_{a\delta c} = 0,14$ км/ч



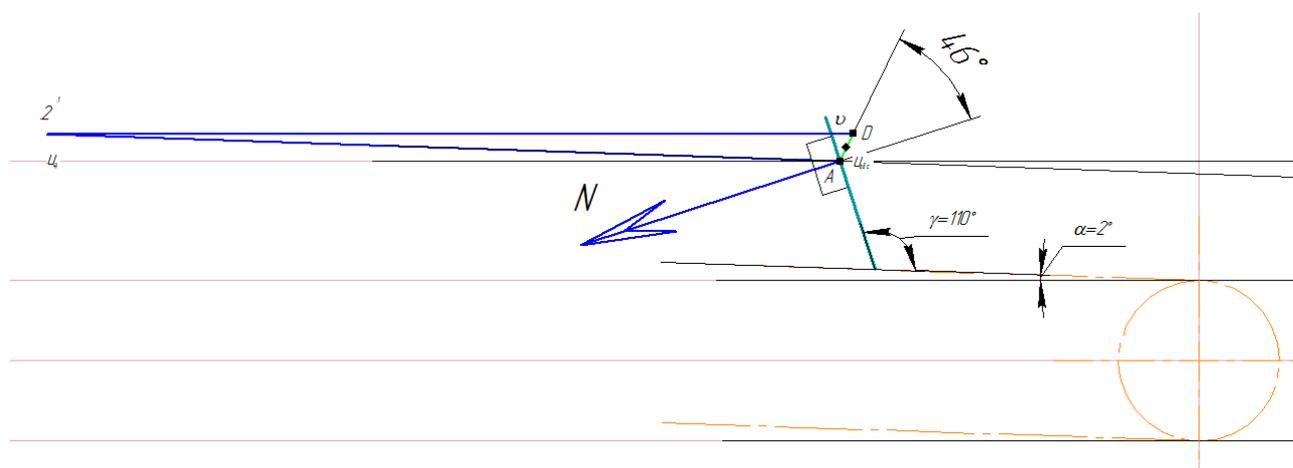
$\gamma = 90$ град; $v = 5$ км/ч; $u_{a\delta c} = 0,24$ км/ч



$\gamma = 110$ град; $v = 1$ км/ч; $u_{abc} = 0,04$ км/ч



$\gamma = 110$ град; $v = 3$ км/ч; $u_{abc} = 0,12$ км/ч



$\gamma = 110$ град; $v = 5$ км/ч; $u_{abc} = 0,19$ км/ч

Рисунок 6 – Схемы сил

Представим результаты вычислений u_{abc} в виде таблицы 3 и рисунка 7.

Таблица 3 – Результаты определения абсолютной скорости $u_{абс}$ лапки цепи

Угол наклона лапок подающих цепей (γ), град	Скорость комбайна (v), км/ч	Центробежная скорость цепи (u_c), км/ч	Абсолютная скорость цепи ($u_{абс}$), км/ч
70	1	0,93	0,08
	3	2,78	0,24
	5	4,64	0,40
90	1	0,97	0,05
	3	2,90	0,14
	5	4,83	0,24
110	1	0,98	0,04
	3	2,95	0,12
	5	4,92	0,19

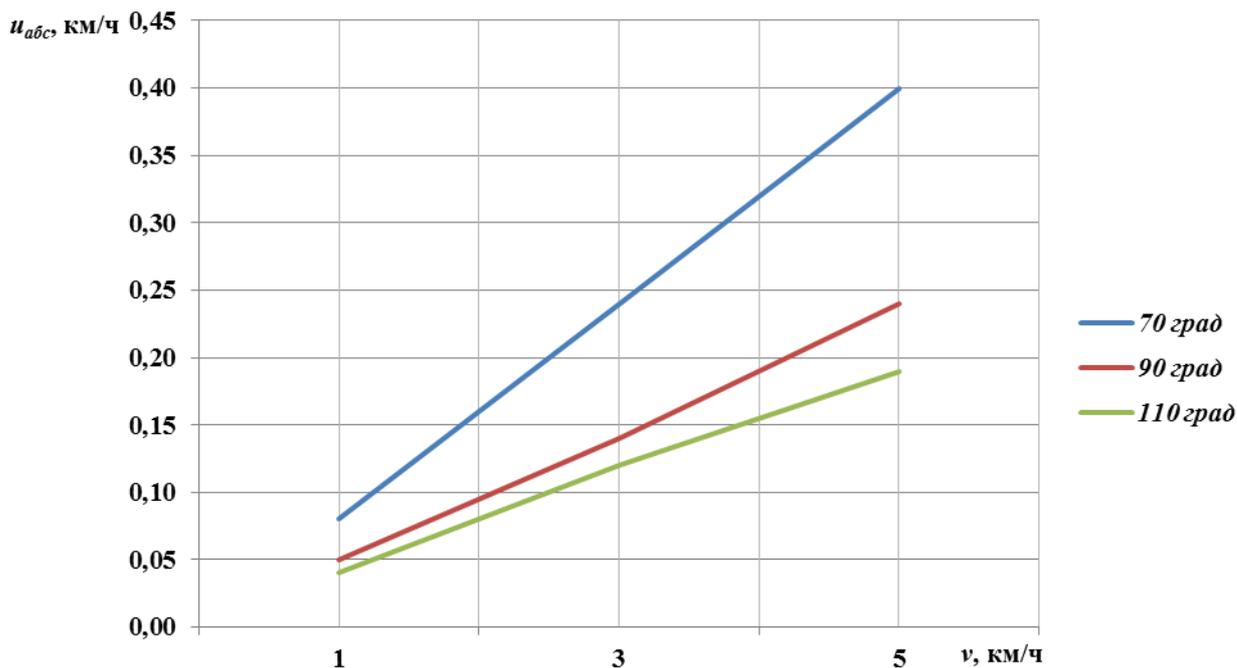


Рисунок 7 – Зависимость абсолютной скорости лапки цепи от скорости комбайна

Анализируя полученную зависимость можно отметить увеличение абсолютной скорости лапки цепи при увеличении скорости движения комбайна для всех углов наклона лапок.

Выполненные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1) использование резиновых накладок на лапках подающих цепей початкоотделяющего аппарата кукурузоуборочного комбайна обеспечивает подвод стеблей без скольжения, поскольку угол ε между нормалью к рабочей плоскости лапки и направлением скоростей во всех случаях принимало значение φ ($\varepsilon = \varphi = 46^\circ$);

2) для достижения равномерной подачи стеблей в русло необходимо использовать угол наклона лапки к ветви цепи, равный 90° , обеспечивающий также параллельное «бережное» перемещение отделенных початков, поскольку $\gamma = 70^\circ$ будет способствовать смещению стеблей к пластинам и перемещению вдоль пластин, преодолевая дополнительное трение о них, а $\gamma = 110^\circ$ – вовлечению стеблей за лапками по ходу движения цепи;

3) при увеличении скорости комбайна для всех углов наклона лапок необходимо увеличивать скорость лапки цепи;

4) задачей экспериментальных исследований будет являться определение оптимального значения угла наклона лапок цепей.

Библиографический список

1. Кленин Н.И. Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины – М.: Колос, 1994. – 751 с.: – ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
2. Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с., ил.
3. Пат. 131565 РФ, МПК А 01 D 45/02. Устройство для отделения початков кукурузы / В.Ю. Сапрыкин, Е.В. Труфляк, Н.И. Лисицын; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2013108327; заявл. 25.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24.
4. Трубилин Е.И. Однорядный кукурузоуборочный комбайн для уборки початков сахарной кукурузы / Е.И. Трубилин, Е.В. Труфляк, В.Ю. Сапрыкин // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 8 (194). – С. 26–28.

References

1. Klenin N.I. Sakun V.A. Sel'skohozjajstvennyye i meliorativnyye mashiny – M.: Ko-los, 1994. – 751 s.: – il. – (Uchebniki i ucheb. posobija dlja vyssh. ucheb. zavedenij).
2. Kukuruzouborochnye mashiny / K.V. Shatilov, B.D. Kozachok, A.P. Orehov i dr. – 2-e izd., pererab. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 224 s., il.
3. Pat. 131565 RF, MPK A 01 D 45/02. Ustrojstvo dlja otdelenija pochatkov kukuruzy / V.Ju. Saprykin, E.V. Trufljak, N.I. Lisicyn; zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2013108327; zajavl. 25.02.2013; opubl. 27.08.2013, Bjul. № 24.
4. Trubilin E.I. Odnorjadnyj kukuruzouborochnyj kombajn dlja uborki pochatkov sa-harnoj kukuruzy / E.I. Trubilin, E.V. Trufljak, V.Ju. Saprykin // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2013. – № 8 (194). – S. 26–28.