

УДК 631.355.3

UDC 631.355.3.

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН
КУКУРУЗЫ НА КОЛИЧЕСТВО
ОДНОВРЕМЕННО ПРОКАТЫВАЕМЫХ
СТЕБЛЕЙ КУКУРУЗООБОРОЧНОЙ
ЖАТКОЙ**

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF CORN SEEDS
GERMINATION ON AMOUNT OF
SIMULTANEOUSLY ROLLING STEMS BY
CORN-HARVESTER**

Труфляк Евгений Владимирович
к. т. н., доцент

Truflyak Evgeny Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье показаны результаты экспериментальных исследований определения скорости прокатывания стебля кукурузы в различных точках протягивающих вальцов жатки. Проанализирована возможность работы жатки при скорости комбайна 12- 15 км/ч и повышенной частоте вращения вальцов. В результате теоретических и экспериментальных исследований выбран допустимый режим работы комбайна с учетом интенсификации процесса уборки.

Results of experimental researches of determination of corn stems rolling speed in different places of corn- harvester rolls have been shown. Opportunity of corn-harvester work under speed of 12-15 km/h and increased frequency of rolls rotation was analyzed. Available corn-harvester working regime with regard of intensification of harvesting process was chosen in the result of theoretical and experimental researches.

**Ключевые слова: КУКУРУЗООБОРОЧНАЯ
МАШИНА, СТРЕППЕРНЫЙ
ПОЧАТКООТДЕЛЯЮЩИЙ АППАРАТ,
ПРОКАТЫВАНИЕ СТЕБЛЕЙ.**

Key words: CORN-HARVESTER, STRIPPER,
ROLLING OF STEMS.

Наивысшая урожайность кукурузы – 8,94 т/га – получена в опытах КНИИСХ [1]. При начальной норме высева семян – 92,7 тыс. семян на 1 га и полевой всхожести – 71,5 % с учетом 2 %-й повреждаемости растений при культивации к началу уборки густота стояния составила 65 тыс./га.

Аналогичные результаты получены и при испытаниях гибридов различных групп спелости. Опыты проводили на гибридах: среднеспелом – Пионер 3978 МВ, среднепозднем – Краснодарский 362 ТВ и позднеспелом – Краснодарский 236 ТВ. При норме высева: 78,8; 78,8; 57,2 тыс. семян на 1 га, полевой всхожести, соответственно – 74,2; 72,7; 74,1 % и гибели растений при культивации – 3,3; 3,0; 4,2 % густота стояния растений к уборке составила 55,6; 55,7; 40,6 тыс./га, что обеспечило получение наивысшего урожая.

Таким образом, можно принять оптимальную густоту стояния растений: 40; 56; 56 и 65 тыс./га.

Представим рядок кукурузы площадью 1 га, длина которого может быть определена по выражению:

$$L = \frac{10000}{0,7} = 14286 \text{ м.}$$

Средняя норма высева по всем четырем опытам:

$$N = \frac{92,7 + 78,8 + 78,8 + 57,2}{4} = 76875 \text{ шт./га.}$$

Средняя густота стеблестоя по этим же гибридам:

$$N_{\text{ст}} = \frac{65,0 + 55,6 + 55,7 + 40,6}{4} = 54225 \text{ шт./га.}$$

Допустим, что семена обладали 100 %-й всхожестью и гибели при культивации не наблюдалось. Это предположение позволяет нам выявить наивысшую пропускную способность жатки.

В этом случае на погонном метре число растений составит:

$$n = \frac{N}{L} = \frac{76875}{14286} = 5,4 \text{ шт.}$$

Число растений на погонном метре с учетом полевой всхожести и культивации к уборке:

$$n_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}}}{L} = \frac{54225}{14286} = 3,8 \text{ шт.}$$

Зависимость количества растений, подаваемых в единицу времени, от скорости комбайна представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение скорости комбайна в зависимости от количества подаваемых стеблей в жатку за 1 с

Скорость комбайна	V_k	км/ч	6	8	10	12	14	15
		м/с	1,67	2,22	2,78	3,33	3,89	4,16
Количество растений	n_p	шт.	9	12	15	18; 12*	21	23

* - при уборочной густоте стояния – 54225 шт./га.

Кукурузоуборочные комбайны работают на скорости до 9 км/ч, рассмотрим возможность увеличения скорости до 12 и 15 км/ч.

В этом случае величина расстояния между высеянными семенами в рядке составит:

$$L_p (12 \text{ км/ч}) = \frac{V_k}{n_p} = \frac{3,33}{18} = 0,185 \text{ м} \text{ и } L_p (15 \text{ км/ч}) = \frac{V_k}{n_p} = \frac{4,16}{23} = 0,181 \text{ м.}$$

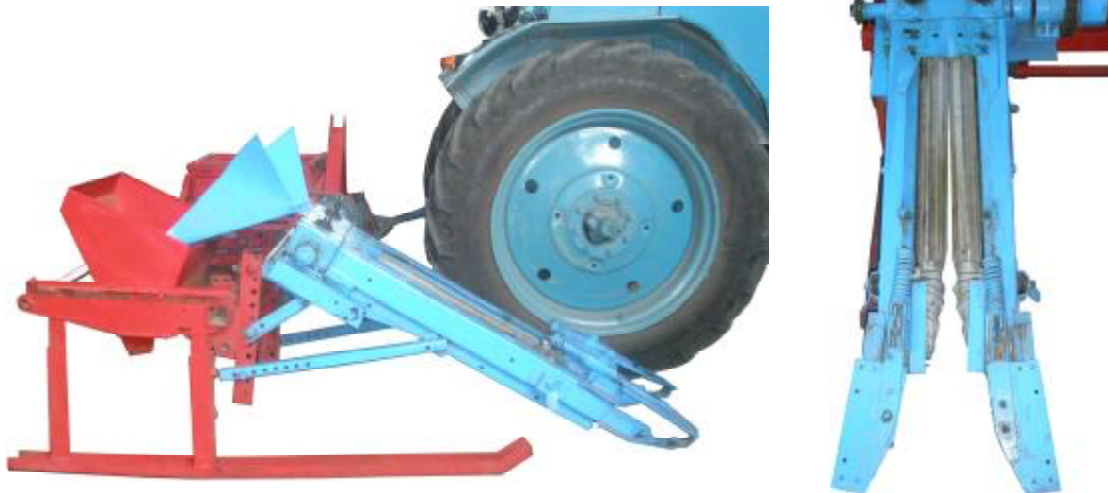
Таким образом, время до поступления в русло очередного стебля:

$$T_c (12 \text{ км/ч}) = \frac{L_p}{V_k} = \frac{0,185}{3,33} = 0,056 \text{ с} \text{ и } T_c (15 \text{ км/ч}) = \frac{L_p}{V_k} = \frac{0,181}{4,16} = 0,044 \text{ с.}$$

Все поступившие на жатку стебли сразу же начинают прокатываться вниз с различными скоростями, зависящими от коэффициента деформации. Для определения этого коэффициента и скорости стебля был поставлен специальный опыт.

Цель эксперимента – определение степени сжатия и эффективности протягивания стеблей в различных частях протягивающих валцов.

Для проведения экспериментальных исследований нами с однорядного русла кукурузоуборочной жатки демонтировались подающие цепи и початкоотделяющие пластины (рисунок 1). Это было сделано для того, чтобы можно было наблюдать лишь протягивание стебля в определенных точках.



а

б

Рисунок 1 – Русло жатки для изучения протягивания стебля:

а – вид сбоку; *б* – вид спереди

Далее активная часть протягивающих вальцов длиной 70 см была разделена на 6 равных участков (рисунок 2). При этом использовались стандартные настройки русла жатки.



Рисунок 2 – Разделение вальцов на участки



Рисунок 3 – Подача стеблей в русло жатки

Стебли подавались вручную на каждый участок перпендикулярно вальцам в трехкратной повторности (рисунок 3). Перед протягиванием

стеблей предварительно измеряли их длину и диаметр, а также определяли расстояние между рифами вальцов в соответствующих точках при сжатии.

Коэффициент сжатия стебля определяли по выражению (рисунок 4):

$$K_{сж} = \frac{l}{d_{ст}}, \quad (1)$$

где l – расстояние между ближайшими точками вальцов при сжатии стебля, мм; $d_{ст}$ – диаметр стебля, мм.

При протягивании стеблей в каждом участке весь процесс снимали на цифровую камеру OLYMPUS FE-240. Затем по кадрам в программе Quick Time Player определяли время протягивания стебля.

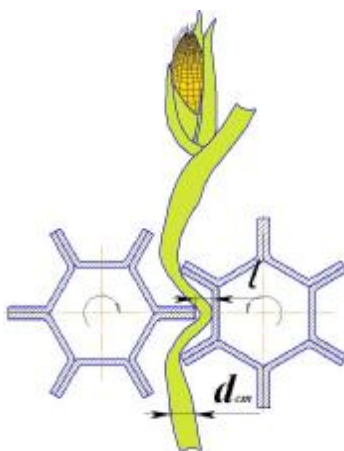


Рисунок 4 – Сжатие стебля вальцами

Результаты опыта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

Положение стебля	Коэффициент сжатия $K_{сж}$	Длина стебля, м	Время протягивания стебля, с	Скорость протягивания, м/с
I	1,00	1,01	0,53	1,98
II	0,72	0,89	0,31	2,85
III	0,60	0,99	0,33	3,00
IV	0,36	0,99	0,30	3,28
V	0,30	1,03	0,32	3,38
VI	0,30	1,01	0,29	3,45

В таблице 3 представлена скорость протягивания стебля в различных участках вальцов с учетом увеличения их частоты вращения до 1200 мин⁻¹.

Таблица 3 – Скорость протягивания стебля на участках вальцов

Частота вращения вальцов, мин ⁻¹	Коэффициент сжатия						Средняя скорость, м/с
	1	0,72	0,6	0,36	0,3	0,3	
	Скорость протягивания стебля, м/с						
860	1,98	2,85	3,00	3,28	3,38	3,45	2,99
1200	2,76	3,97	4,18	4,57	4,71	4,81	4,17

Данная частота вращения вальцов (1200 мин⁻¹) была определена с учетом допустимого ударного импульса початка по початкоотделяющим пластинам.

В основу определения ударного импульса положено выражение [2]:

$$[F \Delta t]_{\text{доп}} = v_{\text{П}} m_{\text{П}}, \quad (2)$$

где $[F \Delta t]_{\text{доп}}$ – допустимый ударный импульс, под действием которого повреждение початка находится в пределах агротребований, Н·с; $v_{\text{П}}$ – скорость удара початка по початкоотделяющим пластинам, м/с; $m_{\text{П}}$ – масса початка, кг.

Скорость соударения початка с пластиной:

$$v_{\text{П}} = \sqrt{2gh_{\text{пад}}}, \quad (3)$$

где $h_{\text{пад}}$ – высота падения початка, м.

Для определения допустимого ударного импульса нами была разработана специальная установка (рисунок 5).

Применительно к данной установке разработана методика проведения исследований. Она предусматривала определение допустимого ударного импульса в соответствии с агротехническими требованиями [3] при различной влажности зерна початков гибридов кукурузы, районированных в Краснодарском крае, различных групп спелости.

Методика определения допустимого ударного импульса початка по стрепперным пластинам заключалась в следующем. Взвешенный початок

обвязывали веревкой и опускали в вертикальную трубу на заданную высоту. Затем резко отпускали веревку, и початок совершал свободное падение, ударяясь о пластины и скатываясь в ящик. Затем определяли число вышелушенных зерен.

Экспериментально нами был получен минимальный ударный импульс, равный 1,3 Н·с, при котором начинается вышелушивание зерна из початка. Для среднего початка массой $\bar{X} = 0,28$ кг с учетом предельного размаха колебаний $\bar{X} \pm 2S = 0,28 \pm 2 \cdot 0,052 = 0,18 \dots 0,38$ кг (в области $\bar{X} \pm 2S$ лежит 95,46 % всех наблюдений) и пробуксовывания стебля по вальцам $\eta_{\delta} = 0,1$ скорость вальцов будет составлять $V_{\text{в}} = 3,06 \dots 6,48$ м/с, а частота вращения вальцов – $n = 615 \dots 1300$ мин⁻¹.



Рисунок 5 – Установка для определения допустимого ударного импульса: а – вид спереди; б – вид слева; 1, 2 – опоры; 3 – основание; 4 – вертикальная стойка; 5 – наклонная стойка;

**6 – початкоотделяющие пластины; 7 – рамка; 8 – держатель;
9 – труба**

Рассмотрим поступление стеблей в жатку с участка 3,33 м (скорость – 12 км/ч). При этом время поступления всех стеблей составит

$$T = T_c \cdot n_p = 0,056 \cdot 18 = 1 \text{ с.}$$

В последней прокатывающей точке вальцов при высоте стебля 2,370 м [2] (рисунок 6, а) высота прокатываемой части стебля составит

$$L_{np} = 2,370 - 0,581 = 1,789 \text{ м.}$$

Расчет произведем по числу высеваемых семян и фактической густоте стояния для двух вариантов: с удалением верхушечной части и без удаления. Нами разработан способ повышения пропускной способности жатки, основанный на уменьшении коэффициента соломистости кукурузы путем среза верхушечной части растения перед прокаткой стеблей початкоотделяющими аппаратами (патент 2206198 РФ [4]).

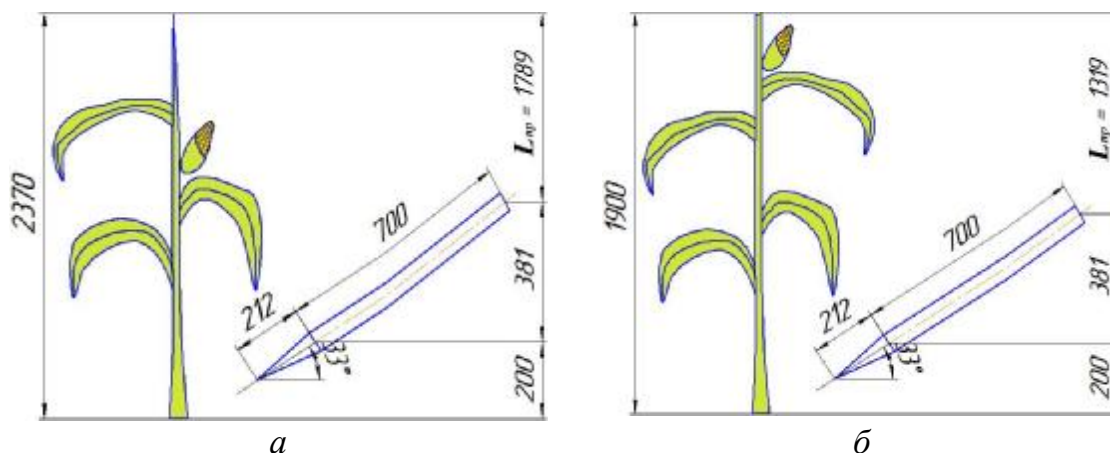


Рисунок 6 – Соотношение между высотой стебля и параметрами вальцов при уборке кукурузы: а – без удаления верхушечной части; б – с удалением верхушечной части

Срез верхушечной части стебля осуществляется дополнительным режущим аппаратом, установленным сбоку или впереди уборочной машины и выше основного режущего аппарата.

Примем высоту растения кукурузы – 2,370 м, а высоту до верхней точки початка – 1,340 м [2].

Для того чтобы срезающее устройство не повреждало початки, оно должно быть установлено на высоте, равной средней высоте крепления початка [2]:

$$h_{cp} = h_{в.г} + 3S = 134 + 3 \cdot 18,763 = 1,90 \text{ м.}$$

При этом удаляется верхушечная часть, которая составляет

$$h_{в.ч} = 0,237 - 0,190 = 0,047 \text{ м.}$$

В этом случае определим длину прокатываемой части стебля: $L_{пр} = 1,319$ м (рисунок 6, б).

Проанализируем возможность работы жатки при скорости комбайна – 12 и 15 км/ч (таблицы 4, 5, 6).

Так как нам неизвестно распределение стеблей по протягивающим вальцам, примем, что все стебли выстраиваются друг за другом, заполняя рабочую щель.

Таблица 4 – Количество прокатанных стеблей и стеблей, остающихся в русле, при частоте вращения вальцов – 1200 мин⁻¹ и скорости комбайна – 12 км/ч

Количество ожидаемых стеблей на расстоянии 3,33 м при 100 %-й всхожести семян	Время нахождения стебля в русле, с	Длина прокатываемой части стебля, м	Характеристика стебля			
			без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 100 %-й всхожести семян	без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 70 %-й всхожести семян	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 100 %-й всхожести семян	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 70 %-й всхожести семян
1 стебель	1	4,17	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
2 стебель	0,952	3,97	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
3 стебель	0,896	3,74	прокатан	–	прокатан	–
4 стебель	0,840	3,50	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
5 стебель	0,784	3,27	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
6 стебель	0,728	3,04	прокатан	–	прокатан	–
7 стебель	0,672	2,80	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
8 стебель	0,616	2,57	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
9 стебель	0,560	2,34	прокатан	–	прокатан	–
10 стебель	0,504	2,10	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
11 стебель	0,448	1,87	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
12 стебель	0,392	1,63	в русле	–	прокатан	–

13 стебель	0,336	1,40	в русле	в русле	прокатан	прокатан
14 стебель	0,280	1,168	в русле	в русле	в русле	в русле
15 стебель	0,224	0,934	в русле	–	в русле	–
16 стебель	0,168	0,701	в русле	в русле	в русле	в русле
17 стебель	0,112	0,467	в русле	в русле	в русле	в русле
18 стебель	0,056	0,234	в русле	–	в русле	–
ИТОГО			11 прокатано, 7 в русле	11 прокатано, 4 в русле	13 прокатано, 5 в русле	9 прокатано, 3 в русле

В случае 100 %-й всхожести семян без удаления верхушечной части стебля после прокатки 11 стеблей в русле остается 7. Рассмотрим положение этих стеблей в предположении, что время прокатки стеблей увеличивается на 0,056 с. Это время до подхода к 19 стеблю, начинающему новую секундную подачу (см. таблицу 5).

Время поступления всех стеблей с участка длиной 4,16 м (скорость 15 км/ч) составит:

$$T = T_c \cdot n_p = 0,044 \cdot 23 = 1 \text{ с.}$$

Таблица 5 – Количество прокатанных стеблей и стеблей, остающихся в русле, при частоте вращения валцов – 1200 мин⁻¹ и скорости комбайна – 12 км/ч с учетом новой секундной подачи

Количество ожидаемых стеблей на расстоянии 3,33 м при 100 %-й всхожести семян	Время нахождения стебля в русле, с	Длина прокатываемой части стебля, м	Характеристика стебля			
			без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 100 %-й всхожести семян	без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 70 %-й всхожести	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 100 %-й всхожести семян	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 70 %-й всхожести семян
12 стебель	0,448	1,868	прокатан	–	прокатан	–
13 стебель	0,392	1,630	в русле	в русле	прокатан	прокатан
14 стебель	0,336	1,400	в русле	в русле	прокатан	прокатан
15 стебель	0,280	1,168	в русле	–	в русле	–
16 стебель	0,224	0,934	в русле	в русле	в русле	в русле
17 стебель	0,168	0,701	в русле	в русле	в русле	в русле
18 стебель	0,112	0,467	в русле	–	в русле	–
ИТОГО			12 прокатано, 6 в русле	8 прокатано, 4 в русле	14 прокатано, 4 в русле	10 прокатано, 2 в русле

Проанализируем перемещение стеблей в русле жатки при скорости движения – 12 и 15 км/ч и частоте вращения протягивающих валцов – 1200 мин⁻¹. Так, при общем количестве стеблей на участке секундной подачи 3,33 м, равном 18, будет прокатано 12 стеблей, а 6 не прокатано, к которым вновь присоединятся 18 стеблей, т.е. при следующем проходе участка 3,33 м необходимо будет прокатать 24 стебля. При этом реально будет пропущено только 12 стеблей и останется 12. Таким образом, будет происходить накопление стеблей, что приведет к забиванию русла.

Аналогичная картина будет наблюдаться при скорости – 15 км/ч. При наличии 23 стеблей на участке секундной подачи 4,16 м будет прокатано 15, а в русле останется 8. К ним при очередной секундной подаче присоединятся 23 стебля. Общее число стеблей составит 31, из которых будет прокатано 15. Число непрокатанных стеблей достигнет 16. Это также приведет к забиванию русла.

Таблица 6 – Количество прокатанных стеблей и стеблей, остающихся в русле, при частоте вращения валцов – 1200 мин⁻¹ и скорости комбайна – 15 км/ч

Количество ожидаемых стеблей на расстоянии 4,16 м при 100 %-й всхожести семян	Время нахождения стебля в русле, с	Длина прокатываемой части стебля, м	Характеристика стебля			
			без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 100 %-й всхожести семян	без удаления верхушечной части $L_{пр} = 1,789$ м при 70 %-й всхожести семян	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 100 %-й всхожести семян	с удалением верхушечной части $L_{пр} = 1,319$ м при 70 %-й всхожести семян
1 стебель	1	4,17	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
2 стебель	0,968	4,04	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
3 стебель	0,924	3,85	прокатан	–	прокатан	–
4 стебель	0,880	3,67	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
5 стебель	0,836	3,49	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
6 стебель	0,792	3,30	прокатан	–	прокатан	–
7 стебель	0,748	3,12	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
8 стебель	0,704	2,94	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
9 стебель	0,660	2,75	прокатан	–	прокатан	–
10 стебель	0,616	2,57	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
11 стебель	0,572	2,39	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
12 стебель	0,528	2,20	прокатан	–	прокатан	–

13 стебель	0,484	2,02	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
14 стебель	0,440	1,83	прокатан	прокатан	прокатан	прокатан
15 стебель	0,440	1,835	прокатан	–	прокатан	–
16 стебель	0,396	1,65	в русле	в русле	прокатан	прокатан
17 стебель	0,352	1,468	в русле	в русле	прокатан	прокатан
18 стебель	0,308	1,284	в русле	–	в русле	–
19 стебель	0,264	1,101	в русле	в русле	в русле	в русле
20 стебель	0,220	0,917	в русле	в русле	в русле	в русле
21 стебель	0,176	0,734	в русле	–	в русле	–
22 стебель	0,132	0,550	в русле	в русле	в русле	в русле
23 стебель	0,088	0,367	в русле	в русле	в русле	в русле
ИТОГО			15 прокатано, 8 в русле	10 прокатано, 6 в русле	17 прокатано, 6 в русле	12 прокатано, 4 в русле

В ходе анализа перемещения стеблей в русле жатки при частоте вращения валцов – 1200 мин⁻¹, скорости комбайна – 12 км/ч в варианте без обрезки верхушечной части растений и с ней при реальной уборочной густоте стояния – 54,2 тыс. шт./га можно заключить, что режим с обрезкой верхушечной части обеспечит бесперебойную работу жатки при равномерном распределении пропусков по длине рядка. Так, первые 10 стеблей в варианте с удалением верхушечной части растения будут прокатаны, а в русле останется 2 стебля, которые из-за отсутствия 15 и 18 стеблей также прокатываются. Эти стебли имеют дополнительное время на свою прокатку, то есть длина прокатываемой части 15 стебля составляет 1,168 м. Она переходит на 16 стебель 1,168 + 0,934 = 2,102 м. Длина 17 стебля составляет 0,701 + 0,467 = 1,168, что меньше 1,319 м. Однако стебель попадает первым в русло жатки при следующей секундной подаче. Его прокатываемая часть при этом составит 1,319 – 1,168 = 0,151 м, что

потребуется на его прокатку время $t = \frac{0,151 м}{4,17 м/с} = 0,036 с$. Это значительно

меньше времени до поступления в русло очередного стебля, то есть он будет прокатан между временем поступления очередного стебля в русло жатки (0,036 < 0,056).

Таким образом, для интенсификации процесса уборки кукурузы на зерно перспективным является способ уборки с удалением верхушечной части стебля.

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края (проект № 06-08-96629).

Список литературы

1. Толорая, Т.Р. Кукуруза (Агротехнические основы возделывания на черноземах Западного Предкавказья) / Т.Р. Толорая, Н.Ф. Лавренчук, М.В. Чумак, В.П. Малаканова. – Краснодар, 2003. – 310 с.
2. Труфляк Е.В. Физико-механические свойства кукурузы. Монография. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 197 с.
3. ОСТ 10 8.13-99. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки и первичной обработки кукурузы. Методы оценки функциональных показателей – Взамен ОСТ10 8.13-91; Введ. 15.04.2000. – М.: Минсельхозпрод России, 2000 – 58 с.
4. Пат. 2206198 РФ RU С 1 7 А 01 D 91/04, 45/02. Способ уборки кукурузы /Куб.ГАУ авт. В.С. Кравченко, Е.И. Трубилин, Е.В. Труфляк, В.А. Ткачев, В.В. Куцеев. – Заявл. 17.10.2001, № 2001128114; Оpubл. 20.06.2003, в Бюл. № 17.