

УДК 631.355.3

UDC 631.355.3.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ,  
ЗАТРАЧИВАЕМОЙ  
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС  
РАБОТЫ ОДНОГО РУСЛА  
КУКУРУЗООБОРОЧНОЙ ЖАТКИ С УЧЕТОМ  
КОЛИЧЕСТВА ПРОКАТЫВАЕМЫХ  
СТЕБЛЕЙ**

**DETERMINATION OF POWER SPENDING  
ON TECHNOLOGICAL WORK PROCESS  
OF CORN-HARVESTER SINGLE CHANNEL  
WITH THE REGARD OF AMOUNT OF  
ROLLED STEMS**

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 рассматривается теоретическое определение мощности, затрачиваемой на процесс початкоотделения (без учета холостого хода и вредных сопротивлений). В результате расчета дается рекомендация о том, что исключение операций транспортирования срезанных стеблей и их измельчения позволяет интенсифицировать процесс уборки кукурузы в початках при неизменной мощности двигателя за счет увеличения ширины захвата жатки (для СК-5 «Нива» + ППК-4) добавлением одного или дополнительных русел.

Theoretical determination of power, spending on corn-cobs separation process (without regard of idling and harmful resistances) has been considered in the article. Recommendation on exception of transportation operations of cut stems and their mincing allowing to intensify the process of corn harvesting in cobs under stable power of engine in the expense of corn-harvester claw width increase (for СК-5 "NIVA"+ППК-4) with addition of one or more channels is given in the result of calculation.

Ключевые слова: КУКУРУЗООБОРОЧНАЯ  
МАШИНА, СТРЕППЕРНЫЙ  
ПОЧАТКООТДЕЛЯЮЩИЙ АППАРАТ,  
МОЩНОСТЬ.

Key words: CORN-HARVESTER, STRIPPER,  
POWER.

В работе [1] нами изложена методика определения мощности, потребной на работу одного русла жатки. Однако в то время мы не знали количество одновременно прокатываемых стеблей. На данном этапе нами была изучена работа жатки. Поэтому представилась возможность уточнить данную мощность с учетом новой информации о процессе.

Как нами было установлено ранее, общая мощность, затрачиваемая на процесс початкоотделения (без учета холостого хода и вредных сопротивлений), определяется:

$$N = \left( \frac{a\varepsilon_1^2 k}{2} + \frac{(b\varepsilon_2 k + c)^2}{2b} - \frac{(b\varepsilon_1 k + c)^2}{2b} \right) \left( \frac{l_{\text{пр}} n_{\text{в}} n}{l_{\text{в}}} \right) + PR_{\text{в}} \omega +$$

$$+ P' f_c (V_{\text{в}} - V_{\text{ст}}) + \left( \frac{l f_{\text{п}} g m_{\text{п}} \cos \alpha}{2} + m_{\text{п}} g h \right) \frac{q_{\text{п}}}{m_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где  $a, b, c$  – значения нагрузок, приходящихся на 1 % деформации стебля, Н;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – значения деформаций стебля, соответствующие конечным точкам участков упругой и пластической деформаций;  $k$  – коэффициент для перевода относительной деформации в абсолютную;  $l_{\text{пр}}$  – длина прокатываемой части стебля, м;  $n_{\text{в}}$  – количество деформаций при совершении одного полного оборота вальца, шт.;  $n$  – количество стеблей, прокатываемых одновременно в единицу времени, шт./с;  $l_{\text{в}}$  – длина вальцов по окружности, м;  $P$  – усилие на преодоление прочности связи плодоножки с основанием початка (берется по максимальному значению), Н;  $R_{\text{в}}$  – радиус протягивающих вальцов, м;  $\omega$  – угловая скорость вальцов,  $\text{с}^{-1}$ ;  $P'$  – усилие, действующее на стебель при его максимальной деформации, Н;  $f_c$  – коэффициент трения стебля по стали;  $V_{\text{в}}$  – окружная скорость вальцов, м/с;  $V_{\text{ст. max}}$  – максимальная скорость стебля, м/с;  $l$  – длина початкоотделяющих пластин, м;  $f_{\text{п}}$  – коэффициент трения движения початка в обертке по стали;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $m_{\text{п}}$  – масса початка, кг;  $\alpha$  – угол наклона початкоотделяющих пластин к горизонту, град;  $h$  – высота подъема початка от средней части русла жатки;  $q_{\text{п}}$  – секундная подача одним руслом, кг/с.

Первые три слагаемых выражения (1) получены на основе изучения физико-механических свойств стеблей, их упруго-пластичных свойств и характеризуют работу, затрачиваемую на деформацию стеблей протягивающими вальцами в единицу времени.

Количество точек деформаций стебля определяется отношением длины прокатываемой части стебля к длине окружности рифленого вальца, а их общее количество зависит от количества одновременно прокатываемых стеблей (четвертое слагаемое).

Пятое слагаемое выражения характеризует работу на протягивание стебля и разрушения при этом связи “плодоножка – початок”. Наибольший крутящий момент и, следовательно, наивысшая потребная мощность развиваются в момент отрыва початка, поэтому она принимается в расчете только один раз, так как при подаче стеблей с интервалом времени, различной длины прокатываемой части и различном положении на початкоотделяющих пластинах вероятности того, что два початка будут отрываться в один момент не существует.

Шестое слагаемое характеризует работу сил трения в фазе проскальзывания рифов по стеблю. Эта мощность, как и работа, зависит от усилия, действующего на стебель в момент максимальной деформации стебля, коэффициента трения стебля по рифам вальцов и разности скоростей вальца о стебель и не зависит от площади трущихся тел, поэтому в расчете принимается для одного стебля.

Седьмое слагаемое учитывает мощность, потребную на транспортирование початков по пластинам, и поднятия их на определенную величину с учетом их количества в единицу времени.

Составляющие выражения 1 представлены в таблице 1.

В практике уборки кукурузы встречаются случаи, когда высота растений достигает 3–4 м. Уборка кукурузы в этих случаях затруднена и часто сопровождается забиванием рабочих органов жатки и поломками элементов привода. Кроме того, даже при высоте растений 2–2,5 м в початкоотделяющий аппарат поступает излишнее количество массы, снижающее пропускную способность жатки. В связи с этим нами предлагается сбоку кукурузоуборочной жатки установить дополнительный

режущий аппарат, понижающий высоту растений, установленный выше верхней точки початков (патент № 2206198) [3].

Это может дать существенное снижение массы прокатываемых стеблей, что, в свою очередь, приведет к повышению производительности кукурузоуборочной приставки. При этом верхняя более тонкая часть стебля, обычно засоряющая ворох початков, не будет попадать в молотильный или початкоочистительный аппарат и вызывать повышенный расход энергии на деформацию и измельчение стеблей, попавших в ворох початков.

**Таблица 1 – К расчету выражения (1)  
(при 100 %-й всхожести семян)**

Обозначение	Размерность	Частота вращения протягивающих вальцов			
		$n = 860 \text{ мин}^{-1}$ ( $V_k = 9 \text{ км/ч}$ )		$n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ ( $V_k = 12 \text{ км/ч}$ )	
		без удаления верхушечной части стебля	с удалением верхушечной части стебля	без удаления верхушечной части стебля	с удалением верхушечной части стебля
$a$	Н	37			
$b$	Н	10			
$c$	Н	171			
$\varepsilon_1$	%	6,4			
$\varepsilon_2$	%	33,5			
$k$	–	0,00022			
$l_{\text{пр}}$	м	1,789	1,319	1,789	1,319
$n_{\text{в}}$	шт.	6			
$n$	шт./с	6	8	12	14
$l_{\text{в}}$	м	0,298			
$P$	Н	1530			
$R_{\text{в}}$	м	0,0475			
$\omega$	$\text{с}^{-1}$	90	90	125,6	125,6
$P'$	Н	506			
$f_{\text{с}}$	–	0,45			
$V_{\text{в}}$	м/с	4,3	4,3	6,0	6,0
$V_{\text{ст. max}}$	м/с	3,45	3,45	4,81	4,81
$l$	м	0,7			
$f_{\text{п}}$	–	0,5			
$g$	$\text{м/с}^2$	9,8			
$m_{\text{п}}$	кг	0,25			
$\alpha$	град	33			

$h$	м	0,3			
$q_n$	кг/с	1,5	2	3	3,5

Следует отметить, что при первом проходе агрегата комбайн движется по обычным рядкам кукурузы, но при втором проходе он уже убирает кукурузу, срезанную выше верхней точки початка и, одновременно, готовит себе участок для последующего прохода.

Результаты определения мощности с удалением и без удаления верхушечной части стебля представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Мощность, затрачиваемая на технологический процесс работы одного русла кукурузоуборочной жатки с учетом количества прокатываемых стеблей (без учета холостого хода и вредных сопротивлений), Вт**

Составляющие баланса мощности	Частота вращения протягивающих вальцов			
	$n = 860 \text{ мин}^{-1}$ ( $V_k = 9 \text{ км/ч}$ )		$n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ ( $V_k = 12 \text{ км/ч}$ )	
	без удаления верхушечной части стебля	с удалением верхушечной части стебля	без удаления верхушечной части стебля	с удалением верхушечной части стебля
<b>Мощность, потребная на деформацию стеблей</b>				
$N_{\text{деф.ст}} = \left( \frac{a\varepsilon_1^2 k}{2} + \frac{(b\varepsilon_2 k + c)^2}{2b} - \frac{(b\varepsilon_1 k + c)^2}{2b} \right) \left( \frac{l_{\text{пр}} n_b n}{l_b} \right)$	256,32	251,97	512,63	440,95
<b>Мощность, потребная на протягивание стебля</b>				
$N_{\text{прот.ст}} = P R_b \omega$	6540,75	6540,75	9127,98	9127,98
<b>Мощность, затрачиваемая на проскальзывание стебля</b>				
$N_{\text{прос.ст}} = P' f_c (V_b - V_{\text{ст. max}})$	193,55	193,55	270,96	270,96
<b>Мощность, затрачиваемая на транспортирование початков</b>				
$N_{\text{тр.поч}} = \left( \frac{l_f g m_n \cos \alpha}{2} + m_n g h \right) \frac{q_n}{m_n}$	6,57	8,76	13,13	15,32
<b>Общая мощность</b>	<b>6997,19</b>	<b>6995,03</b>	<b>9924,7</b>	<b>9855,21</b>

Интенсификация процесса уборки кукурузы в початках за счет увеличения рядности кукурузоуборочной жатки при неизменной мощности двигателя возможна за счет исключения ряда операций, связанных с измельчением листостебельной массы. Такими операциями могут быть подача стеблей к измельчающему аппарату и их измельчение.

Рассчитаем баланс мощности на транспортирование и измельчение стеблей измельчающим аппаратом барабанного типа приставки ППК-4.

Мощность шнека [4]:

$$P = k_{и} k_{п.г} k_{\beta} g Q (L + H) k_{сп}, \quad (2)$$

где  $k_{и}$  – коэффициент преодоления инерции при пуске,  $k_{и} = 1,05 \dots 1,2$ ; принимаем  $k_{и} = 1,1$ ;  $k_{п.г}$  – коэффициент сопротивления от перемешивания груза,  $k_{п.г} = 1,05 \dots 1,4$ ; принимаем  $k_{п.г} = 1,2$ ;  $k_{\beta}$  – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона шнека,  $k_{\beta} = 1 \dots 3$ ; принимаем  $k_{\beta} = 2$ ;  $Q$  – подача,  $Q = 6$  кг/с;  $L$  и  $H$  – соответственно длина перемещения и высота подъема груза,  $L = 2$  м,  $H = 0$  м;  $k_{сп}$  – коэффициент сопротивления перемещению,  $k_{сп} = 1,2 \dots 4,0$ , принимаем  $k_{сп} = 4,0$ .

$$P = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 9,8 \cdot 2 \cdot 4 = 828 \text{ Вт.}$$

При работе измельчающего аппарата основная часть мощности затрачивается на резание стебля, поэтому рассчитаем мощность, потребную на процесс резания [5]:

$$N_{рез} = q \frac{Fzn}{60},$$

где  $q$  – удельное давление ножа,  $q = 700$  кг/м;  $F$  – площадь разреза, представляющая собой произведение высоты слоя  $h$  на ширину разреза  $\Delta S$ .

$$F = h \Delta S,$$

$$h = 0,03 \text{ м; } \Delta S = 0,355 \text{ м.}$$

$$F = 0,0107 \text{ м}^2.$$

$$N_{\text{рез}} = 700 \frac{0,0107 \cdot 8 \cdot 1300}{60 \cdot 75} = 17,3 \text{ л.с.} = 12,7 \text{ кВт.}$$

Общие затраты мощности на перемещение и измельчение стеблей составляют 13,5 кВт.

Исключение операций транспортирования срезанных стеблей и их измельчения позволяет интенсифицировать процесс уборки кукурузы в початках при неизменной мощности двигателя за счет увеличения ширины захвата жатки (для СК-5 «Нива» + ППК-4) добавлением одного или дополнительных русел.

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

#### Список литературы

1. Труфляк Е.В. Параметры процесса декапитации стеблей кукурузы и отделения початков стрепперным аппаратом: Дис... канд. техн. наук. – Краснодар, 2003. – 217 с.
2. Труфляк Е.В. Физико-механические свойства кукурузы. Монография. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 197 с.
3. Пат. 2206198 РФ RU С 1 7 А 01 D 91/04, 45/02. Способ уборки кукурузы /КубГАУ авт. В.С. Кравченко, Е.И. Трубилин, Е.В. Труфляк, В.А. Ткачев, В.В. Куцеев. – Заявл. 17.10.2001, № 2001128114; Опубл. 20.06.2003, в Бюл. № 17.
4. Подъемно-транспортные машины / В.В. Красников, В.Ф. Дубинин, В.Ф. Акимов и др. – М.: Агропромиздат, 1987. – 272 с.
5. Резник Н.Е. Силосоуборочные комбайны.– М.: Машиностроение, 1980. – 448 с.