

УДК 631.355.3

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ВРЕМЕНИ ОТДЕЛЕНИЯ ПОЧАТКА В
КУКУРУЗООБОРОЧНОЙ ЖАТКЕ**Труфляк Евгений Владимирович
к. т. н., доцент*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар Россия,*

В статье рассматривается теоретическое определение времени разрушения связи “початок – плодоножка” при отделении початка на стрепперном початкоотделяющем аппарате кукурузоуборочной жатки из условия статической и динамической нагрузок

Ключевые слова: КУКУРУЗООБОРОЧНАЯ
МАШИНА, ОТРЫВ ПОЧАТКА КУКУРУЗЫ,
СТРЕППЕРНЫЙ ПОЧАТКООТДЕЛЯЮЩИЙ
АППАРАТ.

UDC 631.355.3

**THEORETICAL DETERMINATION OF CORN-
COB SEPARATION TIME IN CORN-
HARVESTER**Truflyak Evgeny Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Theoretical time determination of destruction of “corn-cob- pedicle” connection under separation of corn-cob on stripper of corn-harvester under conditions of static and dynamic loads has been considered in this article.

Key words: CORN-HARVESTER, SEPARATION
OF CORN-COB, STRIPPER.

Существуют два способа разрушения связи “початок – плодоножка”, определяемых характером приложения статической или динамической нагрузки. Статическими называются нагрузки, которые изменяют свою величину или точку приложения (или направление) с очень небольшой скоростью, так что возникающими при этом ускорениями можно пренебречь [1]. При действии таких нагрузок колебания сооружений и их частей пренебрежительно малы.

Динамическими называются нагрузки, изменяющиеся во времени с большой скоростью (например, ударные нагрузки). Действие таких нагрузок сопровождается возникновением колебаний. При колебании вследствие изменения скорости колеблющихся масс возникают силы инерции, пропорциональные (по второму закону Ньютона) колеблющимся массам и ускорениям. Величина этих сил инерции может во много раз превосходить статические нагрузки.

Для испытания биологических объектов на “растяжение – сжатие” за рубежом используют машину Инстрона, растягивающую или сжимающую

объект со скоростью 0,05 дюйма в минуту ($1 \text{ Д.} = 0,0254 \text{ м}$), что в системе СИ составляет 0,00002 м/с [2]. Применительно к стрепперным аппаратам это требует вращения протягивающих вальцов с частотой $0,004 \text{ мин}^{-1}$.

Аналогичные скорости имеет и наше отечественное приборостроение. В этих условиях початок будет отделяться от плодоножки за счет ее статического растяжения. В реальных кукурузоуборочных машинах протягивающие вальцы вращаются с окружной скоростью до 5 м/с. Поэтому при ударе початка о початкоотделяющие пластины возникает ударный импульс, в результате чего за очень малое время удара происходит очень большое замедление движения початка (от 5 до 0 м/с). Это вызывает большие ускорения, а следовательно – и силы инерции, прижимающие початок к пластинам. При этом, согласно закону Ньютона: “действие равно противодействию”, эти силы действуют на плодоножку, растягивая ее.

Нами предложено техническое решение, позволяющее значительно увеличить скорость протягивания стеблей, а следовательно – и производительность кукурузоуборочной жатки (рисунок 1).

Техническим решением задачи является повышение пропускной способности початкоотделяющего аппарата и уменьшение повреждения початков и вышелушивания зерна.

Поставленная задача достигается тем, что в предложенном способе отделения початков от стеблей кукурузы разрыв плодоножки осуществляют между парой вращающихся навстречу друг другу транспортеров, направление рабочих поверхностей которых совпадает с направлением протягивания стебля. При этом скорость соударения початка о транспортер определяют по формуле:

$$V_{\text{соуд.поч}} = V_{\text{ст}} - V_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ст}}$ – скорость стебля; $V_{\text{тр}}$ – скорость транспортера.

Это повышает производительность уборочных агрегатов за счет снижения ударного импульса початков при взаимодействии с отделяющими органами жатки.

Отрыв початка между парой вращающихся в сторону движения стебля транспортеров снижает скорость контакта початка, движущегося вместе со стеблем, до величины, равной разности скорости стебля и скорости транспортера. Выполнение одного из ведущих валов подпружиненным обеспечивает прохождение оторванных початков между ними. Вращение транспортеров в сторону движения стебля способствует выносу початка к подающим цепям.

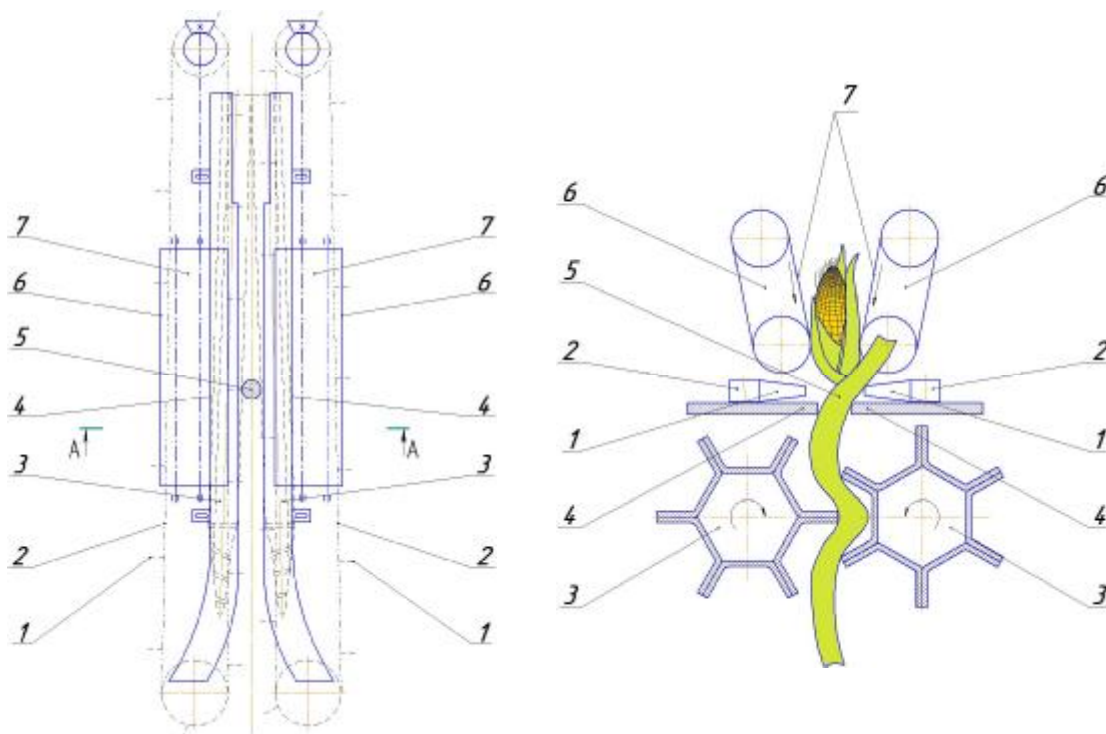


Рисунок 1 – Початкоотделяющий аппарат: а – вид сверху; б – разрез А-А: 1 – лапки; 2 – подающие цепи; 3 – протягивающие вальцы; 4 – пластины; 5 – стебель; 6 – транспортеры; 7 – рабочая поверхность транспортеров

Рассчитаем время отрыва початка от стебля, как при статическом, так и динамическом характере движения початка.

Время разрушения связи “початок – плодоножка” из условия статической нагрузки

Результаты исследований физико-механических свойств кукурузы и усилие разрушения плодоножки представлены в таблице.

Усилие разрушения плодоножки при отрыве початка, Н

Вид отрыва початка	Показатели статистической обработки данных				
	среднее арифметическое значение \bar{X} , Н	стандартное отклонение S , Н	коэффициент вариации V , %	ошибка выборочной средней $S_{\bar{X}}$, Н	относительная ошибка выборочной средней $S_{\bar{X}}$, %
Без изгиба	229,68	60,86	26,50	9,62	4,19
С изгибом	68,77	37,91	55,13	5,36	7,80

Максимальное усилие разрыва плодоножки без изгиба:

$$F_{\text{б.изг}} = \bar{X} + 3S = 229,68 + 3 \cdot 60,86 = 412,26 \text{ Н.}$$

Максимальное усилие разрыва плодоножки с изгибом:

$$F_{\text{изг}} = \bar{X} + 3S = 68,77 + 3 \cdot 37,91 = 182,5 \text{ Н.}$$

Скорость стебля можно определить из известного выражения [3]:

$$V_c = \frac{F \Delta t}{m_{\text{п}}}, \tag{2}$$

где V_c – скорость стебля, м/с; F – усилие разрушения связи “початок – плодоножка”, Н; Δt – время удара, с; $m_{\text{п}}$ – масса початка, кг.

В теории удара часто принимают изменения местных деформаций тел такими, как и при статическом воздействии силы.

В этом случае, зная статическую величину разрушающего усилия F , можно определить время деформации плодоножки у основания початка из выражения (2):

$$\Delta t = \frac{m_n V_c}{F}. \quad (3)$$

В свою очередь, Δt можно представить как

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{V_c}, \quad (4)$$

где Δl – величина абсолютного удлинения плодоножки.

Тогда, приравняв (3) и (4), имеем

$$\frac{\Delta l}{V_c} = \frac{m_n V_c}{F}. \quad (5)$$

Откуда

$$V_c = \sqrt{\frac{\Delta l \cdot F}{m_n}}. \quad (6)$$

Принимая $\Delta l = 0,027$ м, $m_n = 0,28$ кг [4], получаем: скорость отрыва початка без изгиба плодоножки $V_{\text{б.изг}} = 6,3$ м/с; с изгибом плодоножки – $V_{\text{изг}} = 4,2$ м/с.

Время разрушения связи “початок – плодоножка” определяется

$$\Delta t_{\text{б.изг}} = \frac{m_n V_c}{F_{\text{б.изг}}} = 0,0043 \text{ с.}$$

$$\Delta t_{\text{изг}} = \frac{m_n V_c}{F_{\text{изг}}} = 0,0064 \text{ с.}$$

Время разрушения связи “початок – плодоножка” с учетом динамической нагрузки

Расчет динамического воздействия выполним по методике расчета, изложенной в книге [1]. Удар початка по початкоотделяющим пластинам подобен удару груза с силой Q по стержню или свае. Початок вместе со стеблем движется со скоростью, примерно равной скорости

протягивающих вальцов. Приняв эту скорость 5 км/ч, определим высоту h падения груза из выражения:

$$V_c = \sqrt{2gh}. \quad (7)$$

Откуда

$$h = \frac{V_c^2}{2g} = 1,28 \text{ м}. \quad (8)$$

Величина динамического растяжения плодоножки:

$$\Delta l_{\text{дин}} = \Delta l_{\text{стат}} + \sqrt{\Delta l_{\text{стат}}^2 + 2h \cdot l_{\text{стат}}} = 0,29 \text{ м}, \quad (9)$$

где $\Delta l_{\text{дин}}$ – динамическая деформация плодоножки; $\Delta l_{\text{стат}}$ – деформация плодоножки от статически приложенной нагрузки.

Определим динамический коэффициент:

$$K_{\text{дин}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta l_{\text{стат}}}} = 10,8. \quad (10)$$

Динамическое напряжение определяется из выражения:

$$\sigma_{\text{дин}} = K_{\text{дин}} \sigma_{\text{стат}} = 35,64 \text{ Н/мм}^2, \quad (11)$$

где $\sigma_{\text{стат}}$ – статическое напряжение, Н/мм²; $\sigma_{\text{стат}} = 3,3 \text{ Н/мм}^2$ [4].

Теоретически максимально возможное усилие, действующее на плодоножку, определяем как

$$F_{\text{дин}} = \sigma_{\text{дин}} \cdot \pi \cdot R^2 = 6635 \text{ Н}, \quad (12)$$

где $F_{\text{дин}}$ – динамическое усилие разрушения связи “початок – плодоножка”, Н; $\sigma_{\text{дин}}$ – динамическое напряжение разрушения, Н/мм²; R – радиус плодоножки, мм; $R = 7,7 \text{ мм}$ [4].

Скорость удара при динамическом воздействии определим из выражения (6), подставляя в него динамические характеристики:

$$V_c = \sqrt{\frac{\Delta l_{\text{дин}} \cdot F_{\text{дин}}}{m_n}} = 82,9 \text{ м/с}. \quad (13)$$

Время удара при этом

$$\Delta t_{\text{дин}} = \frac{m_{\text{п}} V_{\text{с}}}{F_{\text{дин}}} = 0,0035 \text{ м/с.} \quad (14)$$

Это время в 1,2...1,8 раза меньше времени при статической деформации.

При учете динамического характера изменения скорости были сделаны следующие допущения:

1. Напряжения при ударе не превосходят предела пропорциональности, так что закон Гука при ударе сохраняет свою силу (упругий удар).

2. Тела после удара не отделяются друг от друга. В реальном процессе после удара початка по пластинам связь початка со стеблем нарушается. Это ведет к снижению величины усилия, разрушающего плодоножку, и к сокращению времени ударного импульса.

3. Масса ударяемых пластин в расчет не принимается, так как она не может деформироваться под действием удара початка.

4. Потерей части энергии, перешедшей в тепло и в процесс колебательного движения ударяющего тела (початка), пренебрегаем.

Как видим, допущения 1, 3 и 4 соблюдаются. Что касается допущения 2, то введем в расчет следующую поправку. Примем импульс силы за треугольник (рисунок 2).

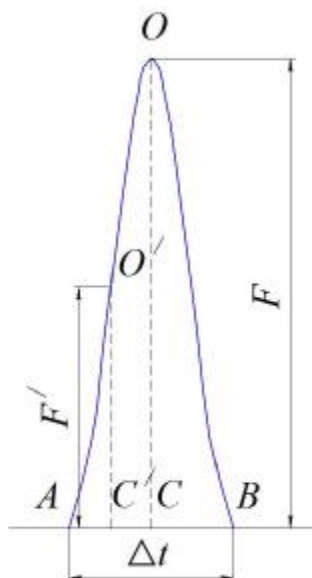


Рисунок 2 – Соотношение между силой и временем удара

Нами из условия не отделения тел друг от друга определены основные параметры ударного импульса: сила (F) и время удара (Δt) для неразрывной связи “початок – плодоножка”. В действительности разрыв связи происходит при меньших значениях F и Δt .

Рассмотрим два подобных треугольника ΔAOC и $\Delta AO'C'$. Высота $O'C'$ соответствует реальной силе разрушения связи “початок – плодоножка”, а сторона AC' – реальному времени ее разрушения.

Имеем

$$\frac{OC}{O'C'} = \frac{AC}{AC'}.$$

Тогда

$$\Delta t = AC' = \frac{412,26 \cdot \frac{0,0035}{2}}{6635} = 0,00011 \text{ с.}$$

Таким образом, Δt при динамическом воздействии должно быть равно 0,00011 с. Задачи экспериментальных исследований – подтверждение реального времени разрушения связи “початок – плодоножка” и выбор на его основе правильной методики расчета.

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

Список литературы

1. Степин П.А. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1968. – 424 с.
2. Bilanski W.K. Damage resistance of seed grains transactions of the ASAE, 1966, v-9, p. 360-363.
3. Труфляк Е.В. Параметры процесса декапитации стеблей кукурузы и отделения початков стрепперным аппаратом: Дис... канд. техн. наук. – Краснодар, 2003. – 217 с.
4. Труфляк Е.В. Физико-механические свойства кукурузы. Монография. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 197 с.