

производственных тракторов, но зато износ в единицу времени увеличивается почти пропорционально скорости.

### **Заключение**

1. В работе представлена методика и алгоритм расчета комбинированной поверхности корпуса плуга для работы на скоростях до 12 км/ч.
2. Проведение расчетов при помощи МКЭ позволяет находить «опасные зоны» конструкции во время проектирования.
3. Предлагаемая методика позволит сократить время на проектирование отвальной поверхности на предприятиях Республики Беларусь.

### **Литература**

1. Фурунжиев Р.И. Рекомендации по расчету конструкций методом конечных элементов. Часть 2. Мн.: ИСиА. 1981.
2. Динамика плуга»- Харьков: Харьковский университет, 1973
3. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977.

УДК 631.363.2

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЮЩИЛКИ ЗЕРНА** *Воробьев Н.А. (БГАТУ)*

*В статье показаны результаты теоретических исследований производительности, мощности привода плющилки. Приводятся зависимости для расчёта производительности, мощности привода вальцов плющилки от зазора между вальцами, длины, диаметра и окружной скорости вальцов, скорости подачи зерна и его физико-механических свойств, учитывающие потери на скольжение зерна по поверхности вальцов, – параметры рифлёной поверхности вальцов. Указаны пути снижения потерь, максимальной пропускной способности, на скольжение зерна по поверхности вальцов.*

### **Введение**

Ресурсосбережение во всех отраслях народного хозяйства и, особенно, в аграрном секторе – одно из решающих условий обеспечения конкурентоспособности продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции, выделены одним из приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2006-2010 годы [1].

В последние годы все большее распространение получает технология консервирования плющеного зерна ранних стадий спелости. Это сравнительно новый, более совершенный способ заготовки, хранения и использования фуражного зерна. Принцип этой технологии такой же, как и при силосовании трав, т.е. кормовая масса хранится с использованием консерванта в герметичных условиях, препятствующих деятельности вредных микроорганизмов [2].

До настоящего времени для плющения зерна в хозяйствах республики в основном применялись дорогостоящие импортные плющилки, не приспособленные для работы в условиях Республики Беларусь, что сдерживало широкое применение ресурсосберегающей технологии плющения и консервирования зерна. Обзор и анализ современных технических средств, применяемых для плющения зерна [3], анализ условия захвата зерновки вальцами [4] указывают на недостаточную обоснованность параметров и режимов работы вальцов плющилок и обуславливают необходимость проведения дополнительных исследований в этой области.

**Основная часть**

Анализ научных работ [5, 6, 7, 8, 9 и др.] в области плющения зерна вальцами, показывает что, при обширных теоретических и экспериментальных исследованиях проведенных авторами, имеющиеся зависимости для определения производительности вальцов плющилки, не учитывают скольжение зерна по поверхности вальцов.

Используя результаты исследований, изложенных в работе [4], предположим, что существует дуга на поверхности вальца, в пределах которой зерновка скользит по поверхности вальца. Тогда весь путь проходимый зерновкой будет состоять из длин двух дуг: длины дуги деформации  $l_{AB}$ , ограниченной углом деформации  $\alpha_1$ ; длина дуги скольжения  $l_{BC}$ , ограниченной углом скольжения  $\alpha_2$  (рисунок 1).

Для того чтобы найти угол скольжения составим расчётную схему взаимодействия вальцов плющилки с зерновкой (рисунок 1). Обозначим все силы действующие на зерновку.

Ось  $X$  направим по касательной к окружности в точке контакта. Ось  $Y$  перпендикулярно касательной в точке контакта. Спроецируем силы на ось  $X, Y$ . В результате подстановки и некоторых преобразований, получим обыкновенное дифференциальное уравнение описывающее движение точки по поверхности вальца:

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{dv}{dt} = f \frac{mg}{2 \sin \alpha_1} - \frac{mg}{2} \cos \alpha_1, \quad (1)$$

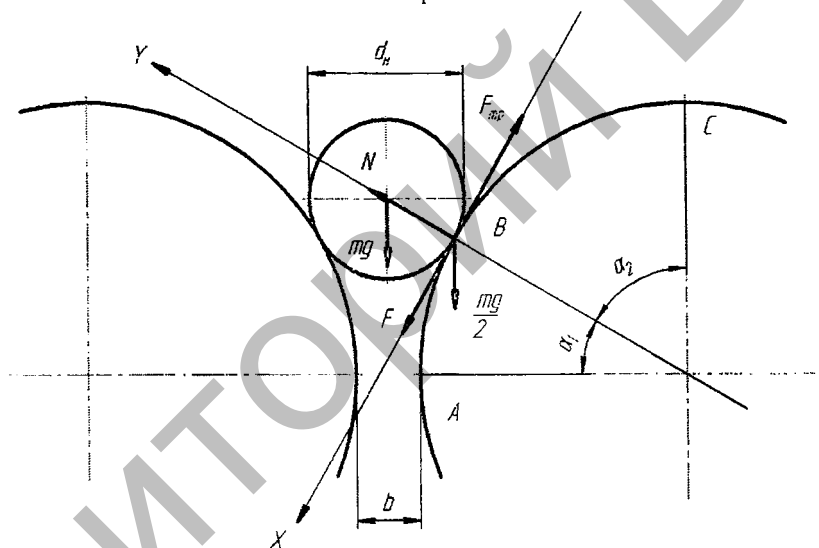


Рисунок 1 – Расчётная схема для определения угла скольжения

Решение данного дифференциального уравнения позволит найти время скольжения зерновки по поверхности вальца  $t_2$ .

$$t_2 = \frac{v - v_0}{g \left[ \frac{f}{\sqrt{1 - \left( \frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right]}, \quad (2)$$

Анализ уравнения (2) показывает что, время скольжения можно уменьшить:

1. Увеличивать начальную скорость зерновки  $v_0$  до  $v$  скорости вальца, тогда множитель  $(v - v_0) \rightarrow 0$ , и следовательно время скольжения будет стремиться к нулю.
2. Увеличивая коэффициент трения  $f$ , тогда в результате увеличения знаменателя дроби время скольжения будет уменьшаться.

3. Увеличивать диаметр валцов  $D$ , – тогда средняя толщина зерновки  $d_n$  становится менее значимой и знаменатель дроби стремится к бесконечности, и следовательно, время скольжения будет стремиться к нулю.

С учетом уравнения (2) производительность плющилки можно определить по формуле:

$$Q = \frac{LbD}{\frac{D}{v} + \frac{LbD}{v-v_0} \alpha_1 g \left[ \frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D-d_n+b}{D}\right)^2}} - \frac{D-d_n+b}{D} \right]} \quad (3)$$

### Исследования мощности привода плющилки

Для определения мощности привода плющилки используем рациональную формулу, основоположника земледельческой механики, В.П. Горячкина [стр. 66, 10], и теоретические предпосылки, изложенные им в работе «Работа валцов соломорезки» [стр. 114, 11].

Мощность на привод валцов будет состоять из двух слагаемых:

1. мощность на деформацию зерновки, - зависит от прочностных свойств зерновки;
2. мощность на скольжение поверхности валца по зерновке, - зависит от силы трения и длины дуги скольжения.

Третьим слагаемым – изменением внутренней энергии частиц внутри зерновки пренебрегаем, предполагая что оно значительно меньше двух первых.

Мощность на скольжение:

$$N_m = Q \frac{fgD}{2 \sin \alpha_1} \cdot \alpha_2, \quad (4)$$

Мощность, затрачиваемую на деформацию, найдём определив величину равнодействующей  $F_R$  (рисунок 2).

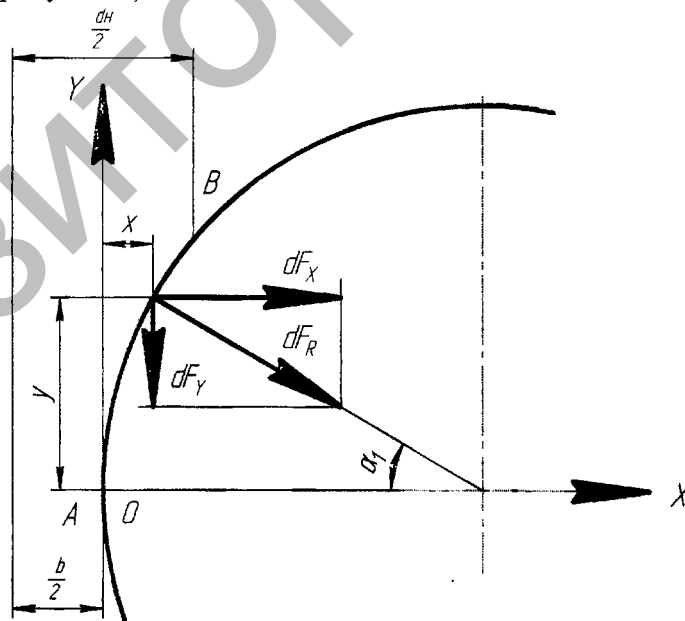


Рисунок 2 – Расчётная схема для определения равнодействующей  $F_R$   
 Мощность на деформацию зерновки:

$$N_d = \frac{\pi n f R}{30} \sqrt{\left( \frac{EL (d_n - b)^2}{4 d_n} \right)^2 + \left( \frac{ELR^2}{d_n} (\alpha_1 - \sin \alpha_1) \right)^2}. \quad (5)$$

С учётом уравнений (5) и (6) общая мощность на привод плющилки:

$$N = Q \frac{fgR}{\sin \alpha_1} \cdot \alpha_2 + \frac{\pi n f R}{30} \sqrt{\left( \frac{EL(d_n - b)^2}{4 d_n} \right)^2 + \left( \frac{ELR^2}{d_n} (\alpha_1 - \sin \alpha_1) \right)^2}, \quad (6)$$

### Расчёт основных параметров рифлёной поверхности вальцов

Рассмотрим влияние: – шага, формы углублений, глубины впадин, углов наклона граней рифлей на мощность, производительность и качество плющения. Для того чтобы определить влияние рифлёной поверхности на качество плющения, мощность и производительность плющилки составим формулу для определения среднего зазора между вальцами.

$$b_c = b + 2hk_b, \quad (7)$$

где  $b$  – рабочий зазор,  
 $h$  – высота рифлей,

$k_b$  – коэффициент увеличения зазора ( $0 \leq k_b \leq 1$ ),  $k_b = 0$  при использовании гладких вальцов.

$$k_b = \frac{V_{en}}{V_y}, \quad (8)$$

где  $V_{en}$  – общий объём впадин рифлей,

$V_y$  – объём полого цилиндра, со стенкой равной высоте рифлей и длиной равной длине вальца.

Составим расчётную схему взаимодействия зерновки с рифлями (рисунок 3) при условии устойчивого захвата зерновки боковыми гранями рифлей, и найдём значения углов наклона рифлей, высоты и шага рифлей для зерна ячменя и кукурузы при разном значении диаметров вальцов (таблицы 1–2).

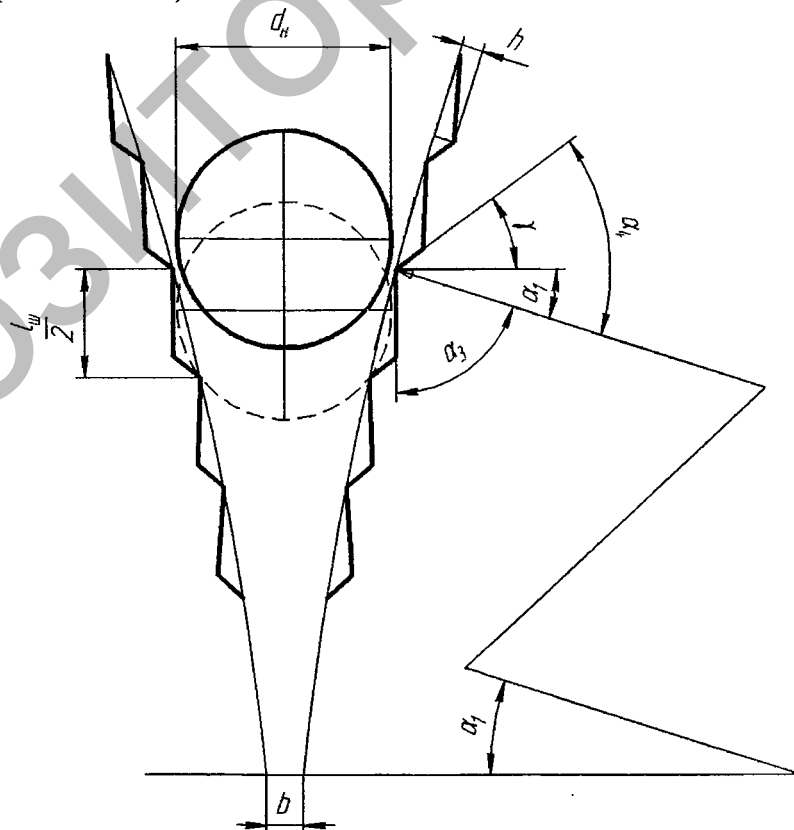


Рисунок 3 – Расчетная схема взаимодействия зерновки с рифлями

Секция 1: Сельскохозяйственные машины и тракторы:  
расчет, проектирование и производство

Таблица 1 – Геометрические параметры рифлей для плющения кукурузы

D, мм	a, мм	h, мм	$n_{вп}$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_3 + \alpha_4$	$b_c$ , мм
150	5,77	1,45	82	72,4	68,3	140,8	1,57
170	5,74	1,37	93	73,5	67,3	140,8	1,48
190	5,71	1,30	104	74,4	66,4	140,8	1,40
210	5,69	1,24	116	75,2	65,6	140,8	1,35
230	5,67	1,19	127	75,8	64,9	140,8	1,29
250	5,66	1,14	139	76,4	64,4	140,8	1,25
270	5,65	1,10	150	76,9	63,8	140,8	1,21
292	5,64	1,06	163	77,4	63,3	140,8	1,17
310	5,63	1,03	173	77,8	63,0	140,8	1,14
330	5,62	1,00	184	78,2	62,6	140,8	1,11
350	5,61	0,98	196	78,5	62,3	140,8	1,08
370	5,61	0,95	207	78,8	61,9	140,8	1,05
390	5,60	0,93	219	79,1	61,6	140,8	1,03
410	5,60	0,91	230	79,4	61,4	140,8	1,01
430	5,59	0,89	241	79,6	61,1	140,8	0,99
450	5,59	0,87	253	79,9	60,9	140,8	0,97

Таблица 2 – Геометрические параметры рифлей для плющения ячменя

D, мм	a, мм	h, мм	$n_{вп}$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_3 + \alpha_4$	$b_c$ , мм
150	2,83	0,53	166	76,1	51,6	127,7	0,63
170	2,82	0,50	189	76,9	50,7	127,7	0,60
190	2,82	0,48	212	77,6	50,0	127,7	0,58
210	2,81	0,46	235	78,3	49,4	127,7	0,56
230	2,80	0,44	258	78,8	48,9	127,7	0,54
250	2,80	0,43	280	79,2	48,4	127,7	0,53
270	2,80	0,41	303	79,6	48,0	127,7	0,51
292	2,79	0,40	328	80,0	47,6	127,7	0,50
310	2,79	0,39	349	80,3	47,3	127,7	0,49
330	2,79	0,38	372	80,6	47,0	127,7	0,48
350	2,79	0,37	395	80,9	46,8	127,7	0,47
370	2,78	0,36	417	81,2	46,5	127,7	0,46
390	2,78	0,35	440	81,4	46,3	127,7	0,45
410	2,78	0,34	463	81,6	46,1	127,7	0,44
430	2,78	0,34	486	81,8	45,9	127,7	0,44
450	2,78	0,33	509	82,0	45,7	127,7	0,43

**Заключение**

Установленная аналитическая зависимость для определения производительности плющилки, учитывающая влияние зазора, длины, диаметра и окружной скорости валцов, скорости подачи зерна и его физико-механических свойств, учитывает потери, максимальной пропускной способности, на скольжение зерна по поверхности валцов, и позволяет рассчитать основные параметры, и выбрать необходимый режим работы валцов плющилки. Полученная аналитическая зависимость позволяет определить мощность привода валцов плющилки, с учётом потерь мощности на скольжение зерна по поверхности валцов.

Рассчитаны геометрические параметры рифлей, обеспечивающие устойчивый захват зерна и минимальное приращение среднего зазора.

### *Литература*

1. Об утверждении приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2006 - 2010 годы: Указ Президента Респ. Беларусь, 6 июля 2005 г., №315 // Эталон – Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2006.
2. Нагорский, И.С. Энергосберегающий способ заготовки фуражного зерна / И.С. Нагорский, А.Д. Селезнёв, Н.А. Воробьёв // Агропанорама. – 2006. – №1. – С. 4 – 6.
3. Шило, И.Н. Современные технические средства для площения зерна / И.Н. Шило, Н.А. Воробьёв // Агропанорама. – 2007. – №4. – С. 4 – 7.
4. Воробьёв, Н.А. К определению параметров машин для площения зерна / Н.А. Воробьёв // Инженерный вестник. – 2007. – №1. – С. 15 – 17.
5. Одегов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Одегов; Зон. научн.- исслед. инстит. сельск. хоз. Сев. Вост. им. Н.В. Рудницкого. – Киров, 2005. – 23 с.
6. Баранов, Л.Н. Повышение эффективности производства плющеного зерна путём совершенствования технологий и комплекса технических средств, автореферат: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Л.Н. Баранов; Сев. Западн. научн. исслед. ин-т механиз. и электр. сельск. хоз. – Санкт-Петербург–Павловск, 2005. – 18 с.
7. Андрианов, А.М. Исследование рабочего процесса валковой зерноплющилки: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Андрианов; Воронеж. сельск. инстит. им. К.Д. Глинки – Воронеж, 1974. – 19 с.
8. Ромалинский, В.С. Исследование процесса площения влажного консервированного зерна и обоснование основных параметров и режимов работы плющилок: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / В.С. Ромалинский; Всесоюз. научно-исслед. ин-т электр. сельск. хоз. – Москва, 1978. – 18 с.
9. Дешко, В.И. Исследование и обоснование режимов площения зерна после влаготепловой обработки: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Дешко; Укр. научн.- исслед. инстит. мех. и электр. сельск. хоз. – Ленинград-Пушкин, 1978. – 19 с.
10. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин. – Москва: Колос, 1965. – 2 т.
11. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин. – Москва: Колос, 1965. – 3 т.

УДК 635.21.

## **ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПО ФРАКЦИЯМ** *Еднач В.Н. (БГАТУ)*

*Цикл послеуборочной переработки картофеля является одним из важнейших в процессе производства картофеля, поскольку он непосредственно связан внешним видом продукта и его ценой. В данном цикле немаловажное значение имеет операция разделения клубней картофеля на фракции. В представленном вам докладе рассматриваются некоторые из основных факторов влияющих на точность разделения клубней по фракциям.*

### **Введение**

Точность разделения клубней картофеля на фракции является одним из основных показателей эффективности работы сортировальной машины и имеет существенное влияние на её производительность. Поэтому актуален вопрос определения факторов влияющих на точность разделения клубней по фракциям.