

изводительной технике (КСЗ-1218), (рис. 4). При низкой обеспеченности и низкой урожайности более эффективны комбайны КЗС-7 и Лида-1300 (рис.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы. – Минск, 2005. – 86 с.
2. Антонюк, В.Л. К обоснованию парка зерноуборочных комбайнов / В.Л. Антонюк [и др.] // Агропанорама, №6, 2004. – С. 11-14.

3. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства / И.Н.Шило, В.Н.Дашков. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 183 с.
4. Кадыров, М.А. О земледелии, селекции и рациональном хозяйствовании / М.А. Кадыров. – Мн.: «Несси», 2001. – 163 с.
5. Родов, Е.Г. О рациональном продлении сроков службы машин / Е.Г. Родов, А.В. Ленский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб., вып. 41 / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2007. – С. 62-71.

УДК 631.363

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 7.04.2008

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛЬЦОВОЙ ПЛЮЩИЛКИ

Н.А. Воробьёв, ассистент (УО БГАТУ)

Аннотация

В статье приведены результаты теоретических исследований производительности плющилки. По результатам исследований получена зависимость для расчёта производительности плющилки от зазора между вальцами, длины, диаметра и окружной скорости вальцов, скорости подачи зерна и его физико-механических свойств, учитывающая потери на скольжение зерна по поверхности вальцов. Указаны пути снижения потерь, максимальной пропускной способности, на скольжение зерна по поверхности вальцов.

Введение

Ресурсосбережение – снижение материалоемкости единицы продукции, увеличение выхода конечной продукции, сокращение потерь в производственном процессе путем применения достижений новейшей техники и технологии [1]. Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции выделены одним из приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2006-2010 годы [2].

В настоящее время в хозяйствах республики все большее применение находит технология плющения и консервирования фуражного зерна ранних стадий спелости [3]. Эта ресурсосберегающая технология широко применяется в Финляндии, Чехии, Англии и других европейских странах, а также Московской, Ленинградской и других областях Российской Федерации.

Обзор и анализ современных технических средств, применяемых для плющения зерна [4], анализ условия захвата зерновки вальцами [5] указывают на недостаточную обоснованность параметров и режимов работы вальцов плющилки и обуславливают необходи-

мость проведения дополнительных исследований в этой области.

Основная часть

Анализ научных работ В.А. Одегова [6], Л.Н. Баранова [7], А.М. Андрианова [8], В.С. Ромалийского [9], В.И. Дешко [10] и других исследователей в области плющения зерна вальцами показывает, что при обширных теоретических и экспериментальных ис-

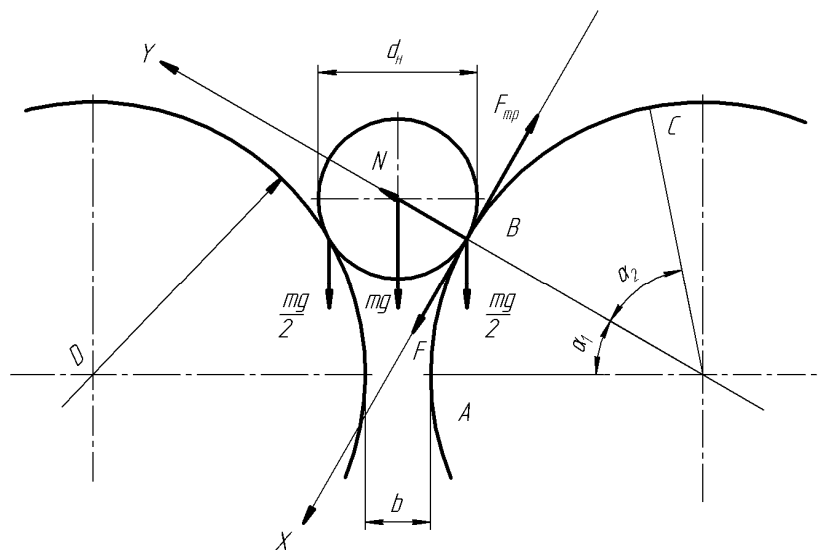


Рисунок 1. Расчётная схема для определения угла скольжения.

следованиях, проведенных авторами, имеющиеся зависимости для определения производительности вальцов плющилки не учитывают скольжение зерна по поверхности вальцов и не могут в полной мере использоваться для выбора параметров и режимов работы вальцов плющилки.

Используя результаты исследований, изложенных в работе [5], 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 α_1 ; длины дуги скольжения l_{BC} , ограниченной углом скольжения α_2 (рис. 1).

Для того чтобы найти угол скольжения, составим расчётную схему. 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 .

$$F - F_{mp} + \frac{mg}{2} \cos \alpha_1 = 0, \quad (1)$$

где m – масса зерновки, кг;
 g – ускорение свободного падения, m^2/c ;

$$F = \frac{m}{2} \cdot a, \quad (2)$$

где a – ускорение, m^2/c ;

$$F_{mp} = f \cdot N, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения;
 N – сила нормального давления, Н.

Спроецируем силы на ось Y .

$$N - \frac{mg}{2 \sin \alpha_1} = 0 \quad (4)$$

$$N = \frac{mg}{2 \sin \alpha_1}. \quad (5)$$

Тогда движение точки по поверхности вальца опишется обыкновенным дифференциальным уравнением:

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{dv}{dt} = f \frac{mg}{2 \sin \alpha_1} - \frac{mg}{2} \cos \alpha_1, \quad (6)$$

где v – скорость, м/с;
 t – время, с
или

$$dv = g \left(\frac{f}{\sin \alpha_1} - \cos \alpha_1 \right) dt. \quad (7)$$

Интегрируя уравнение (7) в пределах от начальной скорости зерновки v_0 , при которой она касается поверх-

ности вальца, до окружной скорости вальца v , которую зерновка имеет в момент захвата вальцами, и в пределах времени от $t_{2н}=0$ в момент касания зерновкой поверхности вальца до t_2 , при котором зерновка захватывается вальцами (8), получим уравнение (9):

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^{t_2} g \left(\frac{f}{\sin \alpha_1} - \cos \alpha_1 \right) dt. \quad (8)$$

$$v - v_0 = g \left(\frac{f}{\sin \alpha_1} - \cos \alpha_1 \right) t_2 + C, \quad (9)$$

где C – произвольная постоянная.

Постоянная C может быть найдена из начальных условий:

при $t_2=0$ $v_0=v$.

Тогда из уравнения (9):

$C=0$.

Следовательно, решение имеет вид:

$$v - v_0 = g \left(\frac{f}{\sin \alpha_1} - \cos \alpha_1 \right) t_2. \quad (10)$$

Выразим из уравнения (10) время скольжения зерна по поверхности вальца t_2 :

$$t_2 = \frac{v - v_0}{g \left(\frac{f}{\sin \alpha_1} - \cos \alpha_1 \right)}. \quad (11)$$

Значения синуса и косинуса угла деформации найдём из условия захвата зерновки вальцами:

$$\cos \alpha_1 = \frac{D - d_n + b}{D}, \quad (12)$$

где D – диаметр вальцов, м;
 d_n – средняя толщина зерновки, м;
 b – зазор между вальцами, м.

Используя соотношение (12) выразим $\sin \alpha_1$:

$$\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}. \quad (13)$$

Подставим полученные значения (уравнения (12) и (13)) в зависимость (11):

$$t_2 = \frac{v - v_0}{g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)}. \quad (14)$$

Уравнение 14 позволяет найти время скольжения поверхности вальца по зерновке. Минимизировать его можно тремя путями:

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. Увеличивать диаметр вальцов D , – тогда средняя толщина зерновки d_n становится менее значимой, и знаменатель

$$g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)$$

будет также увеличиваться, а, следовательно, время скольжения будет незначительным, приближаясь к нулю.

3. Увеличивая коэффициент трения f в результате увеличения знаменателя дроби, время скольжения будет уменьшаться.

Добавив к силе тяжести зерновки некоторую дополнительную силу $F_n = ma_1$, получим знаменатель выражения (14) в виде:

$$(a_1 + g) \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)$$

И тогда, увеличивая a_1 , будем уменьшать время скольжения.

Из определения угловой скорости $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ или

$$d\alpha = \frac{\pi n}{30} dt$$

Интегрируя это уравнение в пределах от θ до α_2 и от θ до t , имеем:

$$\alpha_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot \frac{v - v_0}{g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)} + C \quad (15)$$

При начальных условиях $t=0$ и $\alpha_2=0$, $C=0$.

Уравнение 15 связывает угол скольжения со скоростями, диаметром вальцов, средней толщиной зерновки, зазором, коэффициентом трения.

Время контакта зерновки с вальцами состоит из времени деформации t_1 и времени скольжения t_2 . Тогда справедливо:

$$v_3 = \frac{l_{AB}}{t_1 + t_2} \quad (16)$$

где v_3 – фактическая скорость зерновки, м/с;

$$l_{AB} = \alpha_1 R \quad (17)$$

где R – радиус вальца, м;

$$t_1 = \frac{30\alpha_1}{\pi n} \quad (18)$$

Учитывая, что скольжение зерна происходит одновременно по поверхности двух вальцов, время скольжения и угол скольжения следует уменьшить в два раза. После подстановки выражений (14), (17), (18) в зависимость (16) и упрощения фактическая скорость зерна:

$$v_3 = \frac{D}{\frac{D}{v} + \frac{\alpha_1 g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)}{v - v_0}} \quad (19)$$

С учетом (19) формула для определения производительности примет вид:

$$Q = \frac{LbD}{\frac{D}{v} + \frac{\alpha_1 g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D - d_n + b}{D} \right)^2}} - \frac{D - d_n + b}{D} \right)}{v - v_0}} \quad (20)$$

где L – длина вальцов, м.

Окончательно упростив уравнение (20), получим:

$$Q = \frac{LbD}{\frac{D}{v} + \frac{(v - v_0) \cdot \sin \alpha_1}{\alpha_1 g (f - \sin \alpha_1 \cos \alpha_1)}} \quad (21)$$

Зависимости (20) и (21) позволяют определить объёмную производительность плющилки в $\text{м}^3/\text{с}$ от зазора, длины, диаметра и окружной скорости вальцов, скорости подачи зерна и коэффициента трения зерна по поверхности вальцов. Умножив данные выражения на объёмную массу зерна, получим возможность вычислить производительность в $\text{кг}/\text{с}$.

Тогда, в соответствии с предположениями, изложенными в статье [5], и полученным выражением производительности, коэффициент использования

пропускной способности KQ , равный отношению производительности Q , к максимальной пропускной способности $Q_{max}=Lbv$, после подстановки выражений для Q и Q_{max} и упрощения примет вид:

$$K_Q = \frac{D}{D + \frac{v(v-v_0)}{\alpha_1 g \left(\frac{f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D-d_n+b}{D} \right)^2}} - \frac{D-d_n+b}{D} \right)}} \quad (22)$$

Выводы

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, позволяет рассчитать основные параметры и выбрать необходимый режим работы плющилки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Словарь бизнес-терминов [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/business/11515>. – Дата доступа: 30.03.2008.
2. 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.

3. Нагорский, И.С. Энергосберегающий способ заготовки фуражного зерна / И.С. Нагорский, А.Д. Селезнёв, Н.А. Воробьёв // Агропанорама, №1, 2006. – С. 4–6.
4. Шило, И.Н. Современные технические средства для плющения зерна / И.Н. Шило, Н.А. Воробьёв // Агропанорама, №4, 2007. – С. 4-7.
5. Воробьёв, Н.А. К определению параметров машины для плющения зерна / Н.А. Воробьёв // Инженерный вестник, №1, 2007. – С. 15-17.
6. Одегов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: автореф.... дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Одегов; Зон. науч.- исслед. ин-т. сельск. хоз-ва Сев. Вост. им. Н.В. Рудницкого. – Киров, 2005. – 23 с.
7. Баранов, Л.Н. Повышение эффективности производства плющеного зерна путём совершенствования технологий и комплекса технических средств: автореф.... дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Л.Н. Баранов; Сев. Западн. научн.- исслед. ин-т механиз. и электриф. сельск. хоз-ва. – Санкт-Петербург–Павловск, 2005. – 18 с.
8. Андрианов, А.М. Исследование рабочего процесса валковой зерноплющилки: автореф.... дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Андрианов; Воронеж. ин-т сельск. хоз-ва им. К.Д. Глинки.– Воронеж, 1974. – 19 с.
9. Ромалинский, В.С. Исследование процесса плющения влажного консервированного зерна и обоснование основных параметров и режимов работы плющилки: автореф.... дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / В.С. Ромалинский; Всесоюз. научно-исслед. ин-т электрифик. сельск. хоз-ва. – Москва, 1978. – 18 с.
10. Дешко, В.И. Исследование и обоснование режимов плющения зерна после влаготепловой обработки: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Дешко; Укр. научн.- исслед. ин-т. мех. и электриф. сельск. хоз-ва. – Ленинград–Пушкин, 1978. – 19 с.

Измеритель влажности сырья ИВС-1



Измеритель влажности предназначен для экспресс-измерения влажности сырья (зерна, муки, макаронного теста, готовых макарон, сухарей и т.д.) в лабораторных и перерабатывающих цехах. Прибор обеспечивает измерения влажности от 5 до 40% при изменении основной погрешности от 0,5 до 1,5%. Быстрый контроль влажности сырья, например, при производстве макарон позволяет уменьшить расход муки, снизить риск выхода из строя технологического оборудования, не допустить пересушки макарон и тем самым сократить расход энергии и себестоимость производства.

Автор: Корко В.С., кандидат технических наук, доцент