

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДАРНОГО УСКОРЕНИЯ МАСЛОСЕМЯН ПРИ ОБМОЛОТЕ КОРЗИНОК ПОДСОЛНЕЧНИКА

СТАРЦЕВ Александр Сергеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

МАКАРОВ Сергей Анатольевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КУНЬШИН Александр Андреевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

НЕСТЕРОВ Евгений Сергеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Обоснована одна из причин дробления маслосемян при обмолоте корзинок подсолнечника в молотильно-сепарирующем устройстве. Установлено, что на повреждаемость целостности оболочки маслосемян способно влиять ударное ускорение их движения в молотильной камере. На изменение величины ускорения способен влиять материал бича. Приведены математические выражения для определения плотности обмолачиваемой массы, вероятности дробления маслосемян вследствие раздавливания бичами и давления внутри потока массы. Представлено выражение для дробления маслосемян от геометрических параметров бича, выражение для ширины канавки бича при минимальном значении дробления, закон сохранения энергии для одной семянки подсолнечника, коэффициента жесткости системы, выражение для ударного ускорения маслосемян.

98

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

4
2019

Введение. Одной из причин дробления маслосемян при обмолоте корзинок подсолнечника является ударное ускорение движения маслосемян при обмолоте корзинок. При возрастании этой величины содержание травмируемых маслосемян увеличивается. Очевидно, что ударное ускорение маслосемян зависит от материала бича. Материалом бичей молотильно-сепарирующих устройств (МСУ) серийно выпускаемых комбайнов является бичевая сталь. Выбор бичевой стали обусловлен вымолотом зерен из колосьев злаковых и трудно-обмолачиваемых культур. Однако при обмолоте корзинок подсолнечника следует снижать ускорение удара маслосемян, что будет способствовать уменьшению их травмируемости [5].

Методика исследований. Ударное ускорение маслосемян возможно снизить за счет изменения его материала. В случае обмолота корзинок подсолнечника предпочтительным материалом будет являться материал, обладающий упругими свойствами, – полиуретан твердостью по шкале Шора 70, 80 или 86 ед., и достаточной износостойкостью [4]. В этом случае будет происходить бережный обмолот корзинок с минимальным повреждением маслосемян. Для определения ударного ускорения маслосемян при обмолоте воспользуемся математическим анализом, описывающим потоки обмолачиваемой массы подсолнечника в молотильной камере.

Результаты исследований. Плотность потока обмолачиваемой массы J определится соотношением [2]:

$$dq = J l_0 dy, \text{ кг/с}, \quad (1)$$

где l_0 – длина бича, м.

В этом выражении $l_0 dy$ есть площадь поперечного сечения потока массы. В то же время плотность потока J зависит от плотности массы в пространстве и скорости потока:

$$J = \rho_m v_{\text{корз}}(x, y), \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

где ρ_m – плотность обмолачиваемой массы, кг/м³; $v_{\text{корз}}$ – скорость движения обмолачиваемой массы, м/с.

Очевидно, что если разделить поток скорости движения обмолачиваемой массы в рабочем пространстве МСУ, то скорость нижнего потока, при котором обмолачиваемая масса соприкасается с решеткой деки, v_1 будет минимальной. Скорость потока массы, соприкасаемой с поверхностью бича, v_2 будет максимальной (рис. 1).

Из вышеизложенного следует, что вероятность попадания маслосемян P_1 в зону повышенного давления, создаваемого бичами, планками

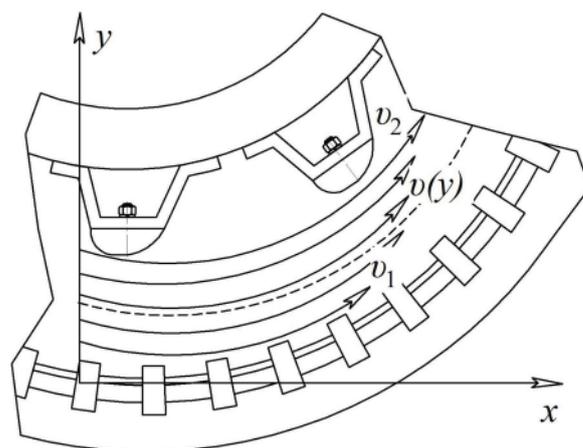


Рис. 1. Профиль скоростей движения обмолачиваемой массы в МСУ

деки и сжимаемыми корзинками, пропорциональна отношению площадей:

$$P_1 \approx \frac{S_T}{S_6}, \quad (3)$$

где S_T – активная площадь травмирования, m^2 ; S_6 – активная площадь бича, m^2 .

Коэффициент пропорциональности в выражении (3) зависит в первую очередь от давления, оказываемого бичом на обмолачиваемую массу.

Обозначим этот коэффициент $k_1(p)$. Площадь бича S_6 определяется его рабочей длиной l_6 и шириной b_6 .

Активная площадь S_T определяется шириной рифов b_p и средним размером столкновения маслосемян с рифами a .

$$S_T = \frac{b_p \cdot a}{\sin \alpha} \cdot N_p = \frac{b_p \cdot a}{\sin \alpha} \cdot \frac{l_6}{b_p + b_k}, \quad (4)$$

где b_p – ширина рифа, м (рис. 2); a – средний размер столкновения маслосемян с рифами, м; α – угол наклона рифа, град; N_p – число рифов, шт.; l_6 – ширина бича, м; b_k – ширина канавки, м.

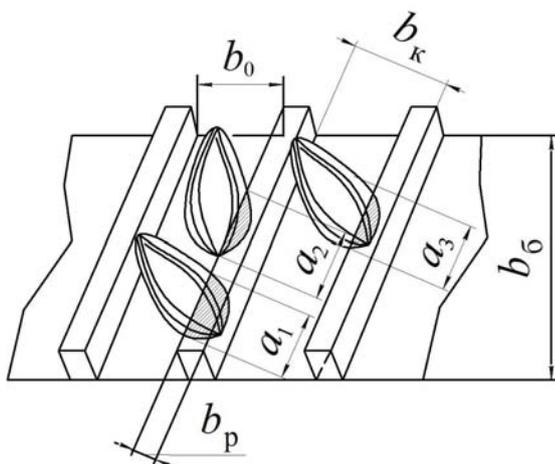


Рис. 2. Средний размер столкновения маслосемян с рифами: b_p – ширина рифа, м; b_0 – ширина канавки у образующей бича, м; b_k – ширина канавки, м; a_1, a_2, a_3 – величины столкновений маслосемян с рифом бича, м

Величина a определяется как среднеарифметическое:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad (5)$$

Вероятность дробления маслосемян вследствие раздавливания описывается выражением

$$P_1 = k_1(p) \frac{b_p + \frac{a}{\sin \alpha}}{b_p + b_k}, \quad (6)$$

где k_1 – коэффициент жесткости материала бича; p – давление, создаваемое бичом, Па; a – величина среднего арифметического размера столкновения маслосемян с рифами бича, м; α – угол наклона канавки или бича, град.

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad (7)$$

Следует учесть, что величина p косвенно зависит от параметров бичей, так как они обеспечивают увеличение обмолачиваемой массы в подбарабанье.

Вероятность дробления маслосемян в результате перетирания внутри потока обмолачиваемой массы определится в первую очередь давлением и градиентом скоростей внутри потока [1]:

$$P_2 = k_2(p) \cdot k_{21} \frac{v_1 - v_2}{h_{\text{под}}}, \quad (8)$$

где k_2 – коэффициент пропорциональности дробления и давления бича на корзинку; k_{21} – коэффициент связи вероятности дробления и градиента скорости обмолачиваемой массы; $h_{\text{под}}$ – усредненный зазор между крайней точкой бича и планкой подбарабанья, м.

Величины вероятностей дробления P_1 и P_2 определяют значение коэффициента скорости дробления маслосемян в процессе обмолота ϵ . Он в свою очередь влияет на количество повреждаемых маслосемян.

Предположим, что зависимость давления от ширины канавки b_k не оказывает доминирующего влияния. В этом случае выражение для дробления маслосемян от ширины канавки бича b_k можно записать следующим образом:

$$\epsilon = \frac{A}{b_k + b_p} + B b_k^C, \quad (9)$$

где A – эмпирический коэффициент, характеризующий прямоугольность канавки бича, % мм; $A = 24,7$ % мм; B – эмпирический коэффициент, характеризующий материал бича, %/мм; $B = 0,114$ %/мм; C – эмпирический коэффициент, характеризующий сепарацию маслосемян, %; $C = -2,23$ %; b_6 – ширина бича, м (см. рис. 2).

Минимум функции (9) приходится на величину b_k , которая является шириной канавки бича.

$$b_k = \sqrt{\frac{A}{B}} - b_p = 9,72 \text{ мм}. \quad (10)$$

Дробление, связанное с ударным воздействием бича, оценим отдельно. В данном случае оно вызывается ускорением при ударе. Поэтому снижением величины ударного ускорения можно достичь уменьшения общего дробления в МСУ.

Определить величины ускорений при ударе можно, следуя упругости материала, из которого изготовлен бич. Если считать удар о бич абсолютно упругим, то вся энергия удара преобразуется в энергию упругой деформации бича и маслосемянки. Запишем закон сохранения энергии для одной отдельно взятой семянки подсолнечника:

$$m_c (v_m - v_0)^2 = k_1 (\Delta r_1)^2 + k_2 (\Delta r_2)^2, \quad (11)$$

где m_c – масса маслосемян, подаваемых в МСУ, кг; v_m – скорость передвижения обмолачи-





ваемой массы по решетке подабаранья, м/с; v_0 – линейная скорость бичей барабана, м/с; k_c – коэффициент упругости маслосемян; Δr_c – деформация маслосемян; k_0 – коэффициент упругости бича барабана; Δr_0 – деформация бичей барабана.

Известно, что подобная система будет характеризоваться общим коэффициентом жесткости взаимодействия семянки с бичом $k_{\text{общ}}$:

$$k_{\text{общ}} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad (12)$$

Объединив закон Гука и второй закон Ньютона, получим выражение для ударного ускорения маслосемян:

$$a_{\text{у.с.}} \approx \sqrt{\frac{k_{\text{общ}}}{m m_c}} (v_{\text{у.с.}} - v_{\text{с.}}), \text{ м/с} \quad (13)$$

Поскольку показатели жесткости зависят от геометрических параметров маслосемян (вид, сорт или гибрид), модулей упругости бича и маслосемянки, то, как видно из выражения (13), ударное ускорение маслосемян будет стремиться к минимуму при уменьшении модуля упругости бича, чего можно достичь заменой материала бича – бичевой стали на материалы, обладающие упругими свойствами.

Заключение. В результате проведенного математического анализа потоков обмолачиваемой массы в молотильной камере получено уравнение дробления маслосемян при обмолоте корзинок подсолнечника бичами из полиуретана с увеличенной шириной канавки. Минимальное значение дробления маслосемян при обмолоте корзинок достигается при величине ширины канавки бича из полиуретана равной 10 мм. Следуя закону сохранения энергии при работе молотильного барабана, определен общий коэффициент жесткости, характеризующий процесс обмолота корзинок. Получено выражение для ударного ускорения маслосемян при обмолоте бичами из полиуретана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986.
2. Липкович Э.И. Процессы обмола и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов (пособие для конструкторов зерноуборочных машин) / ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1973. – 168 с.
3. Состав и геометрические параметры вороха подсолнечника в комбайне при подаче на решетку очистки / А.С. Старцев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 10. – С. 66–70.
4. Старцев А.С., Куньшин А.А., Ананьев В.А. Возможности использования полиуретана и капролона в качестве материала бичей молотильного барабана зерноуборочного комбайна // Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию создания Ассоциации «Аграрное образование и наука» / ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2018. – С. 72–78.
5. Старцев А.С., Куньшин А.А., Ананьев В.А. К выводу выражения для определения ударного ускорения бича молотильного барабана из материала с упругими свойствами // Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию создания Ассоциации «Аграрное образование и наука» / ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2018. – С. 79–83.

Старцев Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Макаров Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Куньшин Александр Андреевич, аспирант кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Нестеров Евгений Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 73-64-12.

Ключевые слова: бич; маслосемена; дробление маслосемян; ударное ускорение маслосемян; поток; коэффициент жесткости.

MATHEMATICAL EXPRESSION FOR DETERMINING THE SHOCK ACCELERATION OF THE SUNFLOWER SEEDS WHEN SHOULDING

Startsev Aleksander Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technical Support of AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Makarov Sergey Anatolievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technical Support of AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kunshin Aleksander Andreevich, Post-graduate Student of the chair "Technical Support of AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Nesterov Evgeny Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technical Support of AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: scourge, oilseeds, oilseed crushing, shock acceleration of oilseeds, flow, stiffness coefficient.

One of the reasons for the crushing of oilseeds when threshing in the threshing-separating device is substantiated. It has been established that the damage to the integrity of the shell of oilseeds can be influenced by the acceleration of the movement of oilseeds in the threshing chamber. The change in the magnitude of the acceleration is capable of influencing the material of the scourge. Mathematical expressions are given to determine the density of the threshed mass, the probability of crushing oilseeds due to crushing with whips, and the pressure inside the mass flow. They are given an expression for crushing oilseeds from the geometrical parameters of a scourge, an expression for the width of the groove of a scourge with a minimum value of crushing, the energy conservation law for one sunflower seed, the stiffness coefficient of the system, as well as the expression for shock acceleration of oilseeds.