

УДК 621. 01; 631. 35

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА И ЕГО АНАЛИЗ

БАЙГАЗИЕВ М. С.
КГТУ им. И.Раззакова
izvestiya@ktu.aknet.kg

В статье определяются угловая скорость ударного разрушения и обмолачивания у молотильных машин, коэффициент перетиранья, зависящий от конструктивных особенностей барабана и подбарабанника, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи.

The paper defines the angular velocity of the shock and destruction obmolachivaniya in threshing machines, grinding ratio, depending on the design features of the drum and podbarabannika, physical and mechanical properties of the product and supply threshed.

В молотильных устройствах самым действующим и главным рабочим органом являются барабан и подбарабанник.

Рассмотрим работу молотильного барабана радиусом r , вращающегося с некоторой постоянной угловой скоростью ω и равномерно загружаемого фасолью и хлебной массой m' (кг/с). В соответствии с теорией В.П. Горячкина энергия, приведенная к молотильному устройству, расходуется на преодоление сопротивлений двух основных категорий:

1. Сопротивление трению в подшипниках и передаточных механизмах, а также сопротивление воздуху;
2. Сопротивление, связанное с процессом обмолота, в результате которого изменяется состояние обрабатываемого материала.

Мощность N , затрачиваемая на вращение барабана, складывается из двух составляющих:

$$N = N_1^{xx} + N_{2x}^P, \quad (1)$$

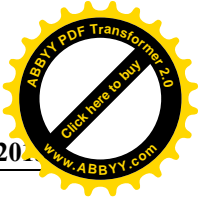
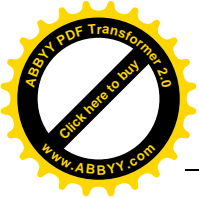
где N^{xx} – мощность, затрачиваемая на первую категорию сопротивлений;

N_{2x}^P – мощность, затрачиваемая на вторую категорию сопротивлений. Величина N включает в себя мощности, затрачиваемые на преодоление трения (принимается пропорциональной скорости вращения) и преодоление сопротивления воздуха (принимается пропорциональной кубу угловой скорости барабана):

$$N_1^{xx} = A \omega + B \omega^3, \quad (2)$$

где A – коэффициент, представляющий собой момент сил трения;

B – коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности воздуха, формы и размеров вращающихся частей барабана [1].



Для определения N_2 следует учитывать, что действие барабана на массу сопровождается ударами и протягиванием ее в рабочей щели. Удары по массе следуют через короткие промежутки времени ($0,0045-0,0075$ с).

Полное окружное усилие P на отбойной молоток барабана складывается из силы P_1 , потребной на удар, и силы P_2 , потребной на преодоление сопротивления протягиванию массы сквозь рабочую щель, сопровождающегося перетирианием стеблей:

$$P = P_1 + P_2. \quad (3)$$

Воспользовавшись законом об изменении количества движения (импульса), определим силу и момент удара. Обозначим время удара через Δt . Тогда при равномерной подаче захваченная масса за время одного удара отбойным молотком будет:

$$\Delta m = m' \cdot \Delta t. \quad (4)$$

Так как солома обладает слабой упругостью, после удара она приобретает скорость V захватившего ее молотком, представляющую собой окружную скорость барабана. Следовательно, количество движения, которое приобретает солома массой Δm , будет равно $\Delta m \cdot V$. По приращению количества движения определяется значение импульса силы из равенства [1]

$$P_1 \Delta t = \Delta m (V - V_0),$$

Так как $V_0 = 0$, то сила удара

$$P_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot V = m \cdot V, \quad (5)$$

Момент силы удара

$$M = P_1 \cdot r = m \cdot r^2 \cdot \omega, \quad (6)$$

Сила P_2 по В.П. Горячкину пропорциональна полному окружному усилию P , т.е.

$$P_2 = f \cdot P, \quad (7)$$

где f – коэффициент перетириания.

Коэффициент перетириания зависит от конструктивных особенностей барабана и подбарабанья, физико-механических свойств обмолачиваемого продукта и подачи.

С учетом значений P_1 и P_2 зависимость (3) будет иметь вид:

$$P = \frac{m \cdot V}{1-f} \quad (8)$$

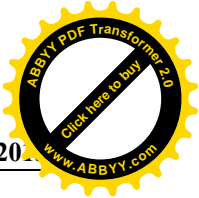
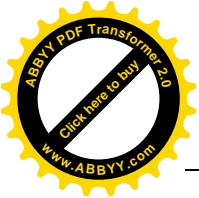
Умножив обе части этого равенства на V , получим выражение для мощности N_2 :

$$N_2 = \frac{m \cdot V^2}{1-f} \quad (9)$$

Процесс работы молотильного устройства характеризуется тремя элементами:

- 1 – работоспособностью тракторного вала отбора мощности (BOM) как источника энергии;
- 2 – работоспособностью барабана;
- 3 – сопротивлениями обрабатываемого материала.

Механическая энергия, передаваемая (BOM) через шкив на барабан, поглощается ускорением движения последнего, которое в свою очередь поглощается сопротивлением фасоль и



хлебной массы, в связи с чем при равномерной подаче и установившемся режиме вместо возможного ускорения движения барабана происходит его равномерное движение.

Если расходуемая мощность (*ВОМ*) равна полной мощности, потребной на привод барабана в период холостого хода, т.е. когда нет подачи фасоль и хлебной массы, разность $N - N_l$ уйдет на повышение скорости барабана:

$$N - N_l = J \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega \cdot N_2, \quad (10)$$

где $\frac{d\omega}{dt}$ – сообщаемое барабану угловое ускорение, рад/с²;

J – момент инерции барабана, кг·м².

Основное уравнение молотильного барабана, связывающее между собой характеристики (*ВОМ*) как двигателя N , барабана Y и фасоль и хлебной массы m' , можно записать, учитывая, что N_l составляет 5 % от N , и принимая во внимание равенство (9) и (10):

$$N = J \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega = \frac{m \cdot V^2}{1-f} \quad (11)$$

Анализируя основное уравнение молотильного барабана (11), можно выявить характерные зависимости по режиму его работы, производительности и затратам энергии на единицу обрабатываемого материала [2].

Мощность двигателя N , подведенная к барабану, без подачи хлебной массы будет расходоваться на ускорение его движения:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{N}{J \cdot \omega}, \quad (12)$$

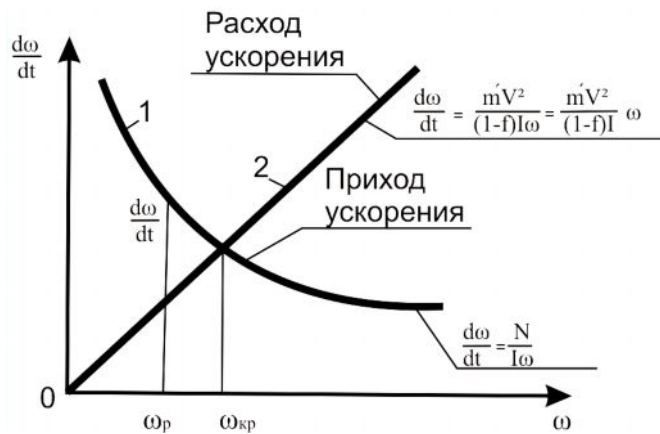
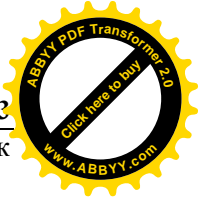
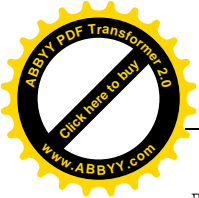


Рис. 1. Изменение углового ускорения барабана в зависимости от его угловой скорости



Возможное ускорение барабана будет тем больше, чем больше мощность (BOM) как двигателя и меньше момент инерции и угловая скорость.

При постоянных N и J угловое ускорение барабана (приход ускорения) уменьшается с повышением его угловой скорости (кривая 1 рис. 1) [1].

При загрузке барабана хлебной массой уменьшение этого ускорения (расход ускорения) будет определяться зависимостью

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m \cdot V^2}{(1-f) \cdot \omega} = \frac{m \cdot r^2}{(1-f)} \cdot \omega \quad (13)$$

Вывод

Точка пересечения гиперболы 1 и прямой 2 определяет значение $\omega_{кр}$, при которой двигатель работает с полной нагрузкой. В этом случае любое увеличение подачи фасоли и хлебной массы приведет к снижению угловой скорости барабана и ухудшению качества обмолота.

Поэтому мощность двигателя должна быть такой, чтобы скорость $\omega_{кр}$ была больше $\omega_{раб.}$, требующейся на обмолот.

Значение $\omega_{кр}$ находится из основного уравнения барабана:

$$\omega_{кр.} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{N(1-f)}{m}} \quad (14)$$

Литература

1. Е.И. Трубилин, В.А. Абликов, Машины для уборки сельскохозяйственных культур (конструкции, теория и расчет): Учеб. пос. – 2 изд. перераб. и дополн. – КГАУ, Краснодар, 2010 – 325 с.
2. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т.2 М.: ГНТИ, Машиностроительной литературы, 1961.