

АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАВИШНОГО СОЛОМОТРЯСА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Ф. А. Лупеев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель С. И. Кириллук

Соломотряс – рабочий орган зерноуборочного комбайна, предназначенный для выделения вымолоченного зерна из соломы и транспортирования ее к выходу из молотилки. Он обеспечивает интенсивное перетряхивание соломы.

Зерноуборочный комбайн КЗС-1218 снабжен клавишным двухвальным соломотрясом из пяти клавиш. Каждая клавиша имеет несколько ступенек (каскадов), закрытых сверху чешуйчатыми решетками. Клавиши смонтированы на двух коленчатых валах и совершают плоскопараллельное движение.

Кинематику клавиш соломотряса характеризует кинематический режим:

$$k = \frac{\omega^2 r}{g},$$

где ω – угловая скорость вращения коленчатого вала; r – радиус колена вала. Увеличение скорости вращения ω вала приводит к возрастанию скорости перемещения соломы по соломотрясу. Экспериментально установлено, что от показателя k кинематического режима работы соломотряса во многом зависит качественный показатель выделения зерна из грубого вороха. Для четырехклавишных соломотрясов рекомендуется принимать $k = 2,2 \dots 2,6$ и пятиклавишных – $k = 1,1 \dots 1,5$. При этих режимах грубый ворох подбрасывается клавишами и перетряхивается, что способствует более интенсивному выделению зерна из вороха. Фаза отрыва соломы от соломотряса определяется из выражения

$$\sin \omega t_0 = \frac{\cos \alpha}{k} C,$$

где $C = 1,2 \dots 1,8$ – коэффициент, учитывающий запаздывание подбрасывание вороха.

Коэффициент C возрастает с увеличением показателя режима k . Расчет длины соломотряса производится исходя из допустимых им потерь зерна в виде схода его вместе с соломой. Сход зерна с соломотряса (потери) определяется уравнением

$$q_n = q_e e^{-\mu L},$$

где q_n – сход зерна, кг/с; q_e – количество зерна, поступающего на соломотряс, кг/с; e – основание натурального логарифма; L – длина соломотряса, м; μ – коэффициент сепарации. Решая уравнения относительно L и после соответствующих подстановок, получаем уравнение для расчета длины соломотряса:

$$L = \frac{1}{\mu_0} \cdot \ln \frac{(1-\varepsilon)100}{\rho} = \frac{1}{0,0018} \cdot \ln \frac{(1-0,05)100}{0,25} = 330 \text{ см},$$

где $\varepsilon = 0,05$ – коэффициент сепарации зерна декой; ρ – процент допустимых потерь соломотрясом ($\rho = 0,25$ %) грубого вороха; α – угол наклона клавиш к горизонту.

Уравнения движения соломы описываются следующим образом:

$$x = \omega r \cdot \sin \omega \cdot t_0 t - \frac{g t^2}{2} \sin \alpha;$$

$$y = \omega r \cdot \cos \omega \cdot t_0 t - \frac{g \cdot t^2}{2} \cos \alpha.$$

Для построения точек 1, 2, 3 и т. д. траектории необходимо задаться значениями времени t с интервалами $t = 0,03 \dots 0,04 = 0,03$ с и произвести расчет по выше приведенным уравнениям. Принимаем при расчете для нашего комбайна $t_0 = 1$, частота вращения вала соломотряса комбайна КЗС-1218 $n = 269,4$ об./мин, радиус кривошипа $r = 50$ мм, $\alpha = 45^\circ$, $\omega = 28,2$ рад/с. По результатам расчета построим график, (рис. 1), показывающий движение соломы с остатками зерна по соломотрясу.

При пятиклавишном соломотрясе две группы клавиш расположены на коленчатом валу через 180° . Солома подбрасывается одной группой клавиш (двумя–тремя), а падает на вторую. Поэтому после того, как клавиши пройдут ось коленчатого вала, начинается отсчет времени для второй поднимающейся группы и т. д.

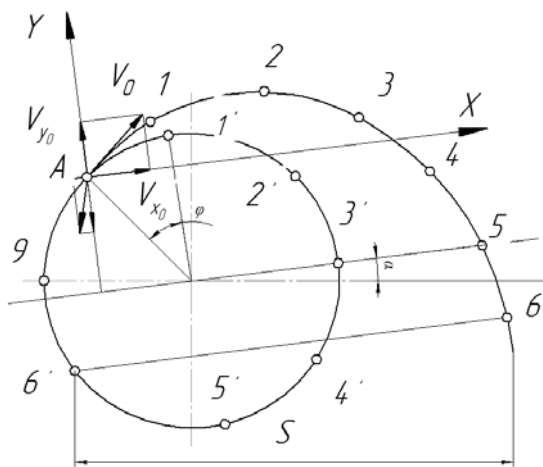


Рис. 1. Дальность перемещения соломы за одно подбрасывание

Определим среднюю скорость перемещения соломы по соломотрясу:

$$v_{cp} = S \frac{\omega}{2\pi} = 0,816 \frac{28,212}{2 \cdot \pi} = 0,366 \text{ м/с.}$$

Определяем толщину слоя соломы на соломотрясе:

$$h = \frac{q(1-\delta)}{B v_{cp} \gamma} = \frac{12(1-0,32)}{1,5 \cdot 0,366 \cdot 20} = 0,74 \text{ м,}$$

где $\delta = 10 \dots 20$ кг/м³ – удельный вес вороха.

Определяем коэффициент сепарации:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^m = 0,0018 \left(\frac{0,2}{0,74} \right)^{1,2} = 0,0004 ; 1/\text{см},$$

где $m = 0,8 \dots 1,2$, большие значения относятся к тяжелым условиям, меньшие – к легким. Опытным путем установлено что, при высоте вороха $h_0 = 200$ мм коэффициент сепарации равен $\mu_0 = 0,018$, 1/см.

Процесс сепарации зерна из слоя соломы практически одинаков для различных типов соломотрясов, а именно: сначала зерно просеивается через непрерывно изменяющуюся пространственную решетку соломы, а затем – через решетку соломотряса. Соломотрясы различных типов отличаются лишь способами образования пространственной решетки соломы и характером ее движения по соломотрясу.

Наиболее трудным моментом в выделении зерна является проход его через решетку соломы.

Зерно будет испытывать меньшее сопротивление и сравнительно быстро будет проходить через решетку соломы, если расстояние между стеблями будет большое.

За один оборот коленчатого вала клавишного соломотряса создаются условия, при которых слой соломы делается менее плотным, т. е. выполняется необходимое требование для прохода зерна через решетку соломы.

Эксперименты показали, что чем меньше частота вращения коленчатого вала соломотряса, тем выше просеиваемость зерна. Однако при этом уменьшается скорость перемещения соломы к выходу из молотилки и возможно ее забивание соломой.

При повышении частоты вращения коленчатого вала скорость соломы вдоль клавиши увеличивается, но ухудшается сепарация зерна.

В существующих двухвальных клавишных соломотрясах оптимальная частота вращения вала при радиусе колена 50 мм 190–290 об./мин.

Предлагается с целью повышения производительности соломотряса и качества сепарации, а также уменьшения энергозатрат на сепарацию ввести в конструкцию дополнительный барабан (рис. 2) с сепарирующими пальцами, который бы разрыхлял и разрывал поток соломы. Это позволит оставшимся зернам легче проходить через решетку соломы и тем самым более качественно осуществлять сепарацию зерна от соломы. При этом нужно учитывать, что линейная скорость пальцев этого барабана должна быть больше скорости движения потока соломы. Направление скоростей движения соломы по соломотрясу и окружной скорости барабана должно совпадать.

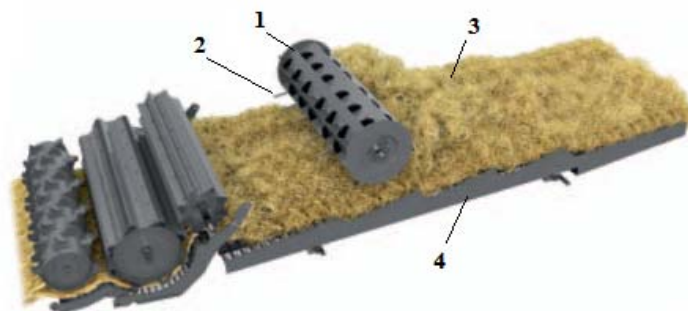


Рис. 2. Соломотряс с сепарирующим барабаном:
1 – барабан; 2 – сепарирующий палец; 3 – разрыхленная солома;
4 – клавиши соломотряса

Таким образом, можно сделать следующие выводы: для каждой культуры, учитывая ее характеристики, варьируя скорость вращения кривошипа, можно было бы выбирать оптимальную (например, для ржи устанавливать скорость несколько большую, чем для овса или ячменя). При введении в конструкцию разрыхлителя потока соломы, а также при использовании более длинных клавишах соломотряса можно добиться наибольшей производительности даже при меньших скоростях вращения кривошипа соломотряса. Уменьшение частоты вращения коленчатого вала соломотряса позволит снизить энергоемкость процесса, не потеряв в качестве очистки.