

## **2.3 Расчет параметров молотильного аппарата**

**цель работы.** Ознакомиться с методикой расчета основных параметров бильного и штифтового молотильного устройства. Построить развертку штифтового барабана.

**оборудование.** Графическая часть работы выполняется в масштабе 1:5 на миллиметровой бумаге формата А3, чертежные и счетные принадлежности.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- Изучить общие теоретические положения.
- Выполнить расчет основных параметров бильного молотильного аппарата.
- Выполнить расчет основных параметров штифтового молотильного аппарата,
- Построить развертку штифтового барабана.
- Определить расходы мощности на работу бильного и штифтового молотильных аппаратов.

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Основная характеристика зерноуборочного комбайна — расчетная пропускная способность его молотильного аппарата. Она зависит от убираемой культуры, ее урожайности, влажности, засоренности, от типа и размеров молотильного устройства и других факторов.

В современных зерноуборочных комбайнах применяют бильные и штифтовые молотильные аппараты. В процессе выполнения работы необходимо определить производительность, основные параметры, расход энергии для бильного и штифтового барабанов, а также построить развертку штифтового поля.

Таблица 1 Исходные данные

| №<br>варианта | Ширина<br>захвата жат-<br>ки или под-<br>борщика $B$ , м | Урожайность<br>зерна уби-<br>раемой куль-<br>туры<br>$A_3$ , ц/га | Рабочая<br>скорость<br>комбайна<br>$V_k$ , км/ч | Отношение<br>массы зер-<br>на к общей<br>массе $\beta$ |
|---------------|--|---|---|--|
| 1             | 5,0  | 24  | 5,82  | 0,30   |
| 2             | 6,0  | 22  | 5,38  | 0,33   |
| 3             | 5,0  | 25  | 5,35  | 0,35   |
| 4             | 6,0  | 26  | 6,05  | 0,44   |
| 5             | 7,0  | 30  | 5,52  | 0,45   |
| 6             | 6,0  | 27  | 5,60  | 0,42   |
| 7             | 4,1  | 34  | 5,72  | 0,38   |
| 8             | 5,0  | 25  | 6,12  | 0,44   |
| 9             | 3,4  | 40  | 5,63  | 0,34   |
| 10            | 4,1  | 27  | 5,53  | 0,30   |
| 11            | 3,4  | 36  | 5,65  | 0,33   |
| 12            | 5,0  | 30  | 6,13  | 0,42   |
| 13            | 6,0  | 26  | 5,77  | 0,40   |
| 14            | 3,4  | 40  | 5,48  | 0,30   |
| 15            | 7,0  | 31  | 5,75  | 0,45   |

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

##### 1) Расчет бильного барабана

- Подача хлебной массы в молотильный аппарат

$$q_{ма} = \frac{B_{ж} V_l A_3}{360 \beta}, \quad (1)$$

где  $q_{ма}$  – подача хлебной массы, кг/с;  
 $B_{жс}$  – ширина захвата жатки, м;  
 $V_k$  – рабочая скорость комбайна, км/ч;  
 $A_з$  – урожайность зерна, ц/га;  
 $\beta$  – отношение массы зерна к общей массе.

- Длина бильного барабана

$$L_{бб} = \frac{q_{ма}}{M \cdot q'} , \quad (2)$$

где  $L_{бб}$  – длина барабана, м;  
 $M$  – число бичей, его можно принять  $M = 8; 10; 12$ ;  
 $q'$  – допустимая подача хлебной массы на 1 погонный метр длины бича, принимается в пределах 0,35-0,60 кг/с.м.

- Диаметр бильного барабана

$$D_{бб} = \frac{V_{бб} \Delta t M}{\pi} , \quad (3)$$

где  $D_{бб}$  – диаметр барабана, м;  
 $V_{бб}$  – окружная скорость барабана, м/с;  
Ее величину принимают при обмолоте пшеницы, ржи, ячменя с учетом пределов регулировок частоты вращения барабана для молотильных аппаратов комбайнов:

СК-5 "Нива" — 35-38 м/с;

СКД-6 "Енисей-1200" — 28-33 м/с;

РСМ-10 "ДОН-1500" — 28-40 м/с;

$\Delta t$  – промежуток времени между ударами соседних бичей, его принимают в пределах 0,0045-0,0075 с.

- Угловая скорость барабана

$$\omega_{\text{бб}} = \frac{2\omega_{\text{бб}}}{D_{\text{бб}}} , \quad (4)$$

где  $\omega_{\text{бб}}$  – угловая скорость,  $\text{с}^{-1}$ .

- Частота вращения барабана

$$n_{\text{бб}} = \frac{30\omega_{\text{бб}}}{\pi} , \quad (5)$$

где  $n_{\text{бб}}$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ .

- Мощность на обмолот хлебной массы

$$N_{\text{обм}}^{\text{бб}} = \frac{q_{\text{ма}} V_{\text{бб}}^2}{1 - f} , \quad (6)$$

где  $N_{\text{обм}}^{\text{бб}}$  – мощность на обмолот, Ватт;

$f$  – коэффициент перетирания; он показывает какая часть мощности, затрачиваемой на процесс обмолота, расходуется непосредственно на деформацию хлебной массы и ее трение о бичи барабана и решетки подбарабання; для бильных молотильных аппаратов он принимается равным 0,65-0,75.

- Мощность на холостой ход барабана, т. е. на преодоление трения в подшипниках и сопротивление воздуха

$$N_{xx}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = A^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} \omega + B^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} \omega^3, \quad (7)$$

где  $N_{xx}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}$  – мощность на холостой ход, Ватт;  
 $A^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}$  и  $B^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}$  – это опытные коэффициенты, для бильного барабана они принимаются равными:  $A^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = 29 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  
 $B^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = 68 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$ .

- Общая мощность на работу молотильного аппарата

$$N_0^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = N_{xx}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} + N_{обм}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}, \quad (8)$$

- Момент инерции барабана

$$J_{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = \frac{N_{обм}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}}{\omega \frac{d\omega}{dt}}, \quad (9)$$

где  $J_{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}$  – момент инерции барабана;  
 $\frac{d\omega}{dt}$  – угловое ускорение, его принимают в пределах 15-17  $\text{с}^{-2}$ .

Пример. Дано урожайность зерна  $A_z = 29 \text{ ц/га}$ , рабочая скорость комбайна  $V_k = 5,72 \text{ км/ч}$ , ширина захвата жатки  $B_{ж} = 6,5 \text{ м}$ , коэффициент  $\beta = 0,41$ .

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА БИЛЬНОГО БАРАБАНА

- Подача хлебной массы в молотильный аппарат

$$q_{ma} = \frac{B_{ж} V_k A_3}{360 \beta} = \frac{6,5 \cdot 5,72 \cdot 29}{360 \cdot 0,41} = 7,3 \text{ кг/с.}$$

- Длина барабана

$$L_{\bar{o}\bar{o}} = \frac{q_{ma}}{Mq'} = \frac{7,3}{10 \cdot 0,53} = 1,38 \text{ м}$$

- Диаметр барабана

$$D_{\bar{o}\bar{o}} = \frac{V_{\bar{o}\bar{o}} \Delta t M}{\pi} = \frac{39 \cdot 0,0065 \cdot 10}{3,14} = 0,8 \text{ м.}$$

- Угловая скорость барабана

$$\omega_{\bar{o}\bar{o}} = \frac{2V_{\bar{o}\bar{o}}}{D_{\bar{o}\bar{o}}} c^{-1} = \frac{2 \cdot 39}{0,8} = 97,5 c^{-1}$$

- Частота вращения барабана

$$n_{\bar{o}\bar{o}} = \frac{30 \omega_{\bar{o}\bar{o}}}{\pi} = \frac{30 \cdot 97,5}{3,14} = 932 \text{ мин}^{-1}$$

- Мощность на обмолот хлебной массы

$$N_{об.м}^{\bar{o}\bar{o}} = \frac{q_{ma} V_{\bar{o}\bar{o}}^2}{1 - f} = \frac{7,3 \cdot 39^2}{1 - 0,75} = 44,413 \text{ кВт}$$

- Мощность на холостой ход барабана

$$N_{xx}^{\bar{\omega}\bar{\omega}} = A^{\bar{\omega}\bar{\omega}}\omega + B^{\bar{\omega}\bar{\omega}}\omega^3 = 29 \cdot 10^{-2} \cdot 97,5 + 68,10^{-5} \cdot 97,5^3 = 0,658 \text{ кВт}$$

- Общая мощность

$$N_0^{\bar{\omega}\bar{\omega}} = N_{xx}^{\bar{\omega}\bar{\omega}} + N_{o\bar{\omega},m}^{\bar{\omega}\bar{\omega}} = 0,658 + 44,413 = 45,071 \text{ кВт}$$

- Момент инерции барабана

$$J_{\bar{\omega}\bar{\omega}} = \frac{N_{o\bar{\omega},m}^{\bar{\omega}\bar{\omega}}}{\omega_{\bar{\omega}\bar{\omega}} \frac{d\omega_{\bar{\omega}\bar{\omega}}}{dt}} = \frac{44,413}{97,5 \cdot 17} = 0,027 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

## 2) Расчет штифтового барабана

- Определим количество штифтов на барабане

$$Z_{ш} = \frac{q_{ma}}{q'_{ш}}, \quad (10)$$

где  $Z_{ш}$  – количество штифтов, шт;

$q_{ma}$  – подача хлебной массы в молотильный аппарат, кг/с; определяется по формуле (1);

$q'_{ш}$  – допустимая подача на 1 штифт, принимается в пределах 0,025 - 0,055 кг/с. на 1 штифт.

При определении количества штифтов на барабане необходимо стремиться к тому, чтобы  $Z_{ш}$  было бы числом целым и кратным числу планок  $M$ , на которых крепятся штифты.

Барабаны штифтовые, устанавливаемые в зерноуборочных комбайнах имеют 8, 10, 12 планок.

Штифты на барабане располагаются по винтовой линии. Следовательно, число планок  $M$  обязательно должно быть кратным числу ходов  $K$  винта, которое принимается равным 4 - 5.

Из такого соотношения между  $M$  и  $K$  следует, что за один оборот барабана по одному следу пройдет  $K$  штифтов.

Значит общее число штифтов  $Z_{ш}$  на барабане должно быть кратным величине  $K$ .

- Расстояние между соседними штифтами на плане равно

$$b = \frac{M}{K} a, \quad (11)$$

где  $b$  – расстояние между штифтами на планке, мм;

$a$  – расстояние между соседними следами штифтов с учетом конструктивных особенностей штифтов принимается равным 28 - 32мм.

- Шаг винтовой линии

$$t = bK, \quad (12)$$

где  $t$  – шаг винтовой линии, мм.

- Общая длина барабана

$$L_{общ} = L_p + 2\Delta l = \left( \frac{Z_{ш}}{K} - 1 \right) a + 2\Delta l, \quad (13)$$

где  $L_{общ}$  – общая длина барабана, мм;

$l_p$  – длина планки по крайним штифтам, мм (т.е. рабочая длина барабана);

$\Delta l$  – длина конца планки, на которой штифты не располагаются, из конструктивных соображений,  $\Delta l = 18-20$  мм.

- Диаметр барабана

$$D_{бш} = \frac{M\Delta t V_{бш}}{\pi} + 2h_{ш}, \quad (14)$$

где  $D_{бш}$  – диаметр барабана по концам штифтов, м;

$\Delta t$  – промежуток времени между ударами по хлебной массе соседних планок, его принимают в пределах  $\Delta t = 0,0045-0,0065$  с;

$V_{бш}$  – окружная скорость барабана, при обмолоте зерновых культур с учетом диапазона регулировок частоты вращения барабана можно принять в пределах  $V_{бш} = 28-32$  м/с;

$h_{ш}$  – рабочая длина штифта, конструктивно она равна 70 мм.

- Угловая скорость барабана

$$\omega_{бш} = \frac{2V_{бш}}{D_{бш}}, \quad (15)$$

где  $\omega_{бш}$  – угловая скорость, с<sup>-1</sup>.

- Частота вращения барабана

$$n_{\text{бш}} = \frac{30\omega_{\text{бш}}}{\pi}, \quad (16)$$

где  $n_{\text{бш}}$  – частота вращения в минуту,  $\text{мин}^{-1}$ .

- Развертка штифтового барабана представляет собой схематическое изображение цилиндрической поверхности барабана, разрезанной вдоль одной из планок и развернутой на плоскость.

Для построения развертки (рисунок 1) необходимо в масштабе 1:5 вычертить прямоугольник, со сторонами  $\pi(D_{\text{бш}} - 2h_{\text{ш}})$  и  $L_{\text{бш}}$ . Нижнее основание будем считать осевой линией 1-ой планки (линия  $I-I_0$ ).

Далее на общей длине барабана  $L_{\text{бш}}$  откладываем его рабочую длину  $L_p$ , которая меньше общей длины на  $2\Delta l$ . Делим развернутую длину окружности  $\pi(D_{\text{бш}} - 2h_{\text{ш}})$  на  $M$  равных частей (по числу принятых планок). Проводим линии планок 2-2<sub>0</sub>; 3-3<sub>0</sub>; 4-4<sub>0</sub> и т.д. Крайнюю верхнюю осевую линию планки обозначим через 1 - 1<sub>0</sub> и проводим ее штриховой линией, т.к. она является повторением осевой линии  $I - I_0$  первой планки, по которой мысленно была разрезана цилиндрическая поверхность барабана.

Первый штифт на 1-ой планке располагаем в точке  $A$ . От него вправо откладываем величины  $b$  т.е. расстояние между соседними штифтами на планке) и обозначаем места расположения штифтом:  $B$ ;  $C$ ;  $D$ ;  $E$ ;  $F$ ;  $G$ ;  $H$ ;  $J$  и т.д.

От первого штифта  $A$  откладываем вправо шаг винтовой линии  $t$ . Наклонной линией соединяем полученную точку (в данном случае это точка  $E$ ) с точкой  $A$ . От точки  $A'$  вправо откладываем отрезки  $b$  и проводим наклонные линии  $B'F$ ;  $C'G$ ;  $D'H$ ;  $E'J$ ;  $F'K$  и т.д.

В местах пересечения этих наклонных линии с линиями планок располагаем штифты. Число их на полученной развертке должно точно соответствовать рассчитанному по формуле (10).

Расход энергии и момент инерции барабана определяется по формулам (7), (8) и (9).

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА ШТИФТОВОГО БАРАБАНА

Исходные данные такие, как и в примере расчета бильного барабан.

- Определим количество штифтов на барабане

$$Z_{ш} = \frac{q_{ма}}{q'_{ш}} = \frac{7,3}{0,052} = 140$$

- Расстояние между соседними штифтами на плане

$$b = \frac{M}{K} a = \frac{10}{5} \cdot 30 = 60 \text{ мм}$$

- Шаг винтовой линии

$$t = bK = 60 \cdot 5 = 300 \text{ мм}$$

- Общая длина барабана

$$L_{бш} = L_p + 2\Delta l = \left( \frac{Z_{ш}}{K} - 1 \right) a + 2\Delta l_{мм} = \left( \frac{140}{5} - 1 \right) 30 + 2 \cdot 20 = 850 \text{ мм}$$

- Диаметр барабана

$$D_{\delta u} = \frac{M \Delta t V_{\delta u}}{\pi} + 2h_u = \frac{10 \cdot 0,006 \cdot 30}{3,14} + 2 \cdot 0,07 = 580 \text{ мм}$$

- Угловая скорость барабана

$$\omega_{\delta u} = \frac{2 \cdot V_{\delta u}}{D_{\delta u}} = \frac{2 \cdot 30}{0,58} = 103 \text{ с}^{-1}$$

- Частота вращения барабана

$$n_{\delta u} = \frac{30 \omega_{\delta u}}{\pi} = \frac{30 \cdot 103}{3,14} = 984 \text{ об / мин.}$$

- Расход энергии

$$N_0^{\delta u} = N_{обм}^{\delta u} + N_{xx}^{\delta u},$$

$$N_{обм}^{\delta u} = \frac{q_{ма} V_{\delta u}^2}{1-f} = \frac{7,3 \cdot 30^2}{1-f} = 26,28 \text{ кВт}$$

$$N_{xx}^{\delta\delta} = A^{\delta\delta} \omega + B^{\delta\delta} \omega^3 = 29 \cdot 10^{-2} \cdot 103 + 68,10^{-5} \cdot 103^3 = 0,816 \text{ кВт}$$

Для штифтовых барабанов коэффициенты  $A$  и  $B$  равны:

$$A_{\delta u} = 2,94 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ и } B_{\delta u} = 47 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

$$N_0^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = N_{xx}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} + N_{o\bar{\sigma}m}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = 0,816 + 26,26 = 27,096 \text{ кВт}$$

- Момент инерции барабана

$$J_{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = \frac{N_{o\bar{\sigma}m}^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}}{\omega_{\bar{\sigma}m} \frac{d\omega_{\bar{\sigma}m}}{dt}} = \frac{26,28}{103 \cdot 17} = 0,015 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

#### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- По представленной методике расчет бильного и штифтового молотильного устройства.
- Чертеж развертки штифтового молотильного устройства.
- Выводы по работе.