

УДК 664.951.002.5

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВИБРОТРАНСПОРТА РЫБЫ

С.А.Асейнов, В.П.Чивиленко

Благодаря чрезвычайной простоте конструкции, сравнительно высокой скорости транспортировки и возможности создания потока ориентированной рыбы виброподъемники, вибробункеры и вибролотки в настоящее время занимают видное место среди механизмов подобного назначения.

Все разделочные машины, нашедшие применение в рыбной промышленности, требуют при загрузке ориентации рыбы и ее поштучной подачи при условии строгой синхронизации этих операций с ритмом работы машин.

Во всех схемах загрузочных устройств в качестве ориентатора рыбы в основном применяются вибрирующие лотки. Однако режимы работы и геометрия лотков выбираются конструкторами в значительной степени произвольно, что не всегда обеспечивает нужную ориентацию рыбы. Поэтому необходимо знать закон движения рыбы по вибрирующей поверхности рабочего органа.

Общепринятая теория о перемещении твердых тел по вибрирующей поверхности применительно к движению рыбы, ориентированной головой вперед, должна претерпеть некоторые изменения, по скольку при скольжении рыбы головой вперед сила сопротивления определяемая коэффициентом сопротивления сдвигу  $\mu_1$ , несколько меньше, чем при скольжении хвостом вперед - коэффициент  $\mu_2$ . Транспортирование вибрационным способом осуществляется за счет использования сил инерции груза и его трения о поверхность грузонесущего органа (Гончаревич, 1970).

При движении грузонесущего органа из нейтрального положения вперед и вверх сила трения между поверхностью желоба и рыбой заставляет ее двигаться вместе с грузонесущим органом. В это же время продольная составляющая сил стремится сдвинуть рыбу относительно грузонесущего органа в направлении транспортирования. Однако этому движению препятствует сила трения груза о поверхность грузонесущего органа. Со временем сила трения уменьшается, так как перпендикулярная составляющая сил инерции уменьшает нормальную реакцию груза, а сила инерции увеличивается. Как только силы сравниваются, рыба начнет перемещаться относительно грузонесущего органа в направлении транспортирования. С увеличением угла поворота кривошипа сравниваются скорости желоба и рыбы. В следующий промежуток времени рыба и желоб движутся назад, абсолютная скорость желоба больше скорости рыбы, следовательно, желоб скользит под рыбой. При вычислении производительности виброконвейеров необходимо определить время движения частиц и остановок.

Прямое движение рыбы (рис. I) определяется следующим дифференциальным уравнением (Лавендел, 1963):

$$m(a_x + \varepsilon) = -F_{\text{ТР}} \quad (I)$$

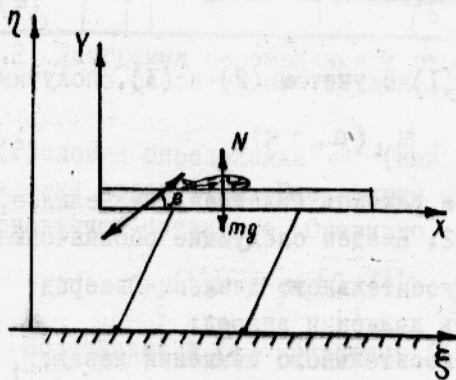


Рис. I. Схема вибрационно-го питателя

Проекции  $S_{\xi}$  и  $S_{\eta}$  перемещения грузонесущего органа на оси неподвижной системы координат  $\xi O\eta$  будут иметь вид

$$\left. \begin{aligned} S_{\xi} &= A \sin \omega t \cos \beta \\ S_{\eta} &= A \sin \omega t \sin \beta \end{aligned} \right\} \quad (Ia)$$

где  $m$  - масса рыбы;  
 $F_{\text{тр}}$  - сила трения;  
 $S_x$  - перемещение рыбы относительно желоба в системе  $XOY$ ;  
 $S_\xi$  - перемещение желоба относительно инерционной системы координат  $\xi O\eta$ ;  
 $A$  - амплитуда колебания;  
 $\omega$  - угловая скорость;  
 $\beta$  - угол вибрации.

Сила трения связана с нормальной реакцией следующими соотношениями:

$$F_{\text{тр}} = \begin{cases} \mu_1 N & V_x > 0 \\ f N & \text{при } V_x = 0 \\ \mu_2 N & V_x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Реакцию  $N$  можно определить из суммы проекции всех сил, действующих на ось  $\eta$ .

$$N = m(a_\eta + g). \quad (3)$$

Из уравнения (3) вытекает, в частности, и условие безотрывного движения, что совпадает с условием положительности  $N$

$$a_\eta > -g. \quad (4)$$

Преобразовав уравнение (1) с учетом (2) и (3), получим

$$a_x + a_\xi = \mu_1(a_n + g). \quad (5)$$

Рассмотрим один из шести режимов (Блехман, Джанелидзе, 1964), представленный на рис.2. Введем следующие обозначения:

- $t'$  - момент начала относительного движения вперед;
- $T'$  - продолжительность движения вперед;
- $t''$  - момент начала относительного движения назад;
- $T''$  - продолжительность движения назад.

После мгновенной остановки кривая скорости рыбы должна быть касательной к кривой скорости желоба в точке начала участка относительного движения, так как в этой точке ускорение и скорости желоба и рыбы равны.

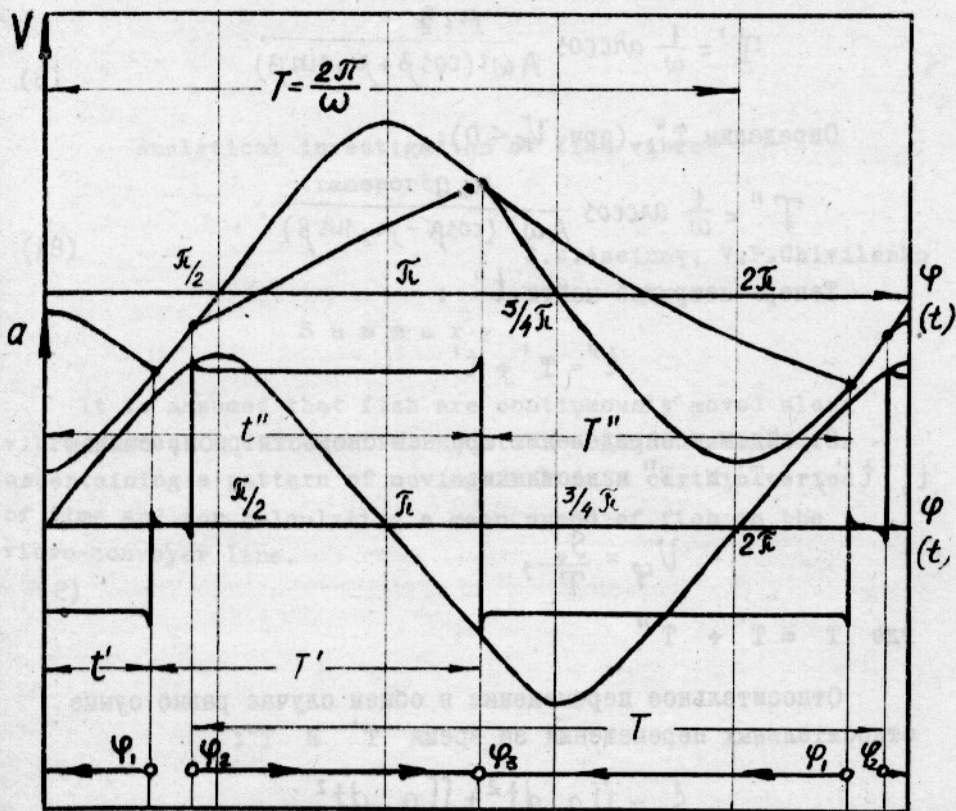


Рис.2. Диаграмма перемещения и скорости движения рыбы по рабочему органу вибрационного питателя

Условия определения  $t'$  (или  $t''$ ) зависят от характера остановки перед этим. Рассмотрим метод определения  $t'$  при мгновенной остановке. Очевидно, в этом случае при  $a_x = 0$

$$a_{\xi}(t') = -m_1[a_p(t') + g]. \quad (6).$$

Подставляя в (6) уравнение (1a), решаем его относительно  $t'$ :

$$t' = \frac{1}{\omega} \arccos \sin \frac{m_1 g}{A\omega^2(\cos\beta + m_1 \sin\beta)}. \quad (6a)$$

Для определения  $T$  примем приращение относительной скорости за время  $T$  равным нулю:

$$\int_{t'}^{t'+T} (a_x + a_p) dt - \int_{t'}^{t'+T} a_{\xi} dt = 0, \quad (7).$$



так как относительные скорости при  $t'$  и  $(t' + T')$  равны нулю. Из уравнения (7) с учетом (1а) и (5) получим

$$T' = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{\mu_1 g}{A \omega^2 (\cos \beta + \mu_2 \sin \beta)} \quad (8)$$

Определим  $T''$  (при  $V_x < 0$ ):

$$T'' = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{\mu_2 g}{A \omega^2 (\cos \beta - \mu_2 \sin \beta)} \quad (8a)$$

Теперь нетрудно найти  $t''$ :

$$t'' = T' + t'$$

Перейдем к определению средней скорости рыбы, считая  $t'$ ,  $t''$ ,  $T'$  и  $T''$  известными:

$$V_{cp} = \frac{S_0}{T} \quad (9)$$

где  $T = T' + T''$ .

Относительное перемещение в общем случае равно сумме относительных перемещений за время  $T'$  и  $T''$ :

$$S_0 = \iint_{T'} a_x dt^2 + \iint_{T''} a_x dt^2 \quad (10)$$

Подставим в (10) уравнения (5) и (1а) и, проинтегрировав его, получим  $S_0$ , которое позволит определить  $V_{cp}$  — среднюю скорость движения рыбы по грузонесущему органу виброконвейера. Полученная средняя скорость позволит определить режимы работы и геометрию вибрационных лотков.

#### Список использованной литературы

- Гончаревич И.Ф. Физические основы процесса вибрационного транспортирования массовых грузов. — "Научные сообщения ИГД", 1970, № 73, с.70-78.
- Лавендел Э.Э. Оптимальный режим безотрывной прямой вибро-транспортировки деталей. — "Известия ВУЗов. Машиностроение", 1963, № 12, с.65-69.
- Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. М., "Мысль", 1964, 31 с.

Analytical investigation of fish vibro-transport

S.A.Aseinov, V.P.Chivilenko

Summary

It is assumed that fish are continuously moved along vibro-planes. A differential equation obtained allows for ascertaining a pattern of moving fish in a certain period of time and for calculating a mean speed of fish on the vibro-conveyer line.