

УДК 621.9.015

UDC 621.9.015

05.00.00 Технические науки

Technical science

**МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА  
ПРИВОДА УСТРОЙСТВ ДЛЯ  
ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ****THE METHOD OF ENGINEERING  
CALCULATION OF DRIVE DEVICES FOR  
FORAGES PREPARATION**

Марченко Алексей Юрьевич  
к.т.н. доцент  
*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

Marchenko Aleksey Yurievich  
Cand.Tech.Sci. associate professor  
*Kuban state agricultural university, Krasnodar,  
Russia*

Представлены результаты исследования устройств для приготовления кормов на базе релятивных винтовых барабанов. Так же создана методика расчета их привода, в том числе мощности электродвигателя. Приведены схемы расчета релятивных винтовых барабанов РЦ 5.1.а и РЦ 3.1.а., а также типовые схемы устройств для приготовления кормов (кормоприготовительных машин) смонтированные из пустотелых тетраэдров равносторонних треугольных пустотелых пирамид и пустотелых октаэдров. Созданная методика расчета привода апробирована при расчете потребляемой мощности кормоприготовительных машин на базе винтовых барабанов РЦ 5.1.а, смонтированных из пустотелых тетраэдров и винтовых барабанов РЦ 3.1.а, смонтированных из пустотелых октаэдров. Показано, что при расчете привода необходимо не только учитывать массу загрузки компонентами кормов, массу релятивного винтового барабана в сборе с ободами, при симметричном расположении загрузки, но и массу загрузки компонентов кормов, расположенных в релятивном винтовом барабане несимметрично оси его вращения. Таким образом, суммируя мощности электродвигателя, затрачиваемые на вращение релятивного винтового барабана при симметричной загрузке, а также при несимметричной загрузке, определяем мощность электродвигателя устройства для приготовления кормов - кормоприготовительной машины

The article presents results of the study of devices for preparation of feed based on the relative helical drums. In addition, we have created a method of calculation of the drive, including motor power. We have given a calculation sheet for relative helical drums of types of 5.1 and 3.1, as well as typical schemes of devices for preparation of feed (feed-making machines) composed of hollow equilateral triangular of hollow tetrahedrons pyramids and hollow octahedra. The created method of calculation of the drive was tested in the calculation of power consumption of feed-making machines based on spiral reels of 5.1 type mounted using hollow tetrahedrons and spiral reels of 3.1 type, assembled from hollow octahedra. It is shown that in the calculation of the actuator, we should not only take into account the mass loading of feed components, the relative weight of the screw drum assembled with wheels, for a symmetrical load location, but also a lot of download components of feeds, arranged in a spiral relative the drum asymmetrically to the axis of rotation. Thus, summing up the power of the electric motor, required for relative rotation of the screw drum symmetrically loaded and also under asymmetric load we define the motor power for the device for preparation of feed, or feed-making machine

Ключевые слова: РЕЛЯТИВНЫЙ ВИНТОВОЙ  
БАРАБАН, РАСЧЕТ ПРИВОДА,  
НЕСИММЕТРИЧНАЯ ЗАГРУЗКА

Keywords: RELATIVE SCREW DRUM,  
CALCULATION OF THE DRIVE, ASYMMETRIC  
LOADING

Как известно, при проектировании определяют скорость вращения релятивных винтовых барабанов и мощность электродвигателя привода кормоприготовительной машины. Как показали наши исследования интенсивность - производительность смешивания, в значительной степени зависит от скорости вращения релятивных винтовых барабанов. В

результате исследований получены рекомендации по выбору скорости вращения релятивных винтовых барабанов [1].

Масса симметричной загрузки частицами компонентов кормов внутренней полости релятивного винтового барабана, масса его ствола, масса двух ободов, жестко закрепленных по его наружному диаметру, а также масса загрузки частицами компонентов кормов внутренней полости релятивного винтового барабана несимметрично оси вращения в сечении релятивного барабана плоскостью перпендикулярной оси его вращения определяет мощность электродвигателей привода устройств для приготовления кормов.

Загрузка внутренней полости релятивного винтового барабана определяется коэффициентом заполнения  $K_v$ , который нами исследованы и получены рекомендации по его применению в расчетах при проектировании кормоприготовительных машин [2].

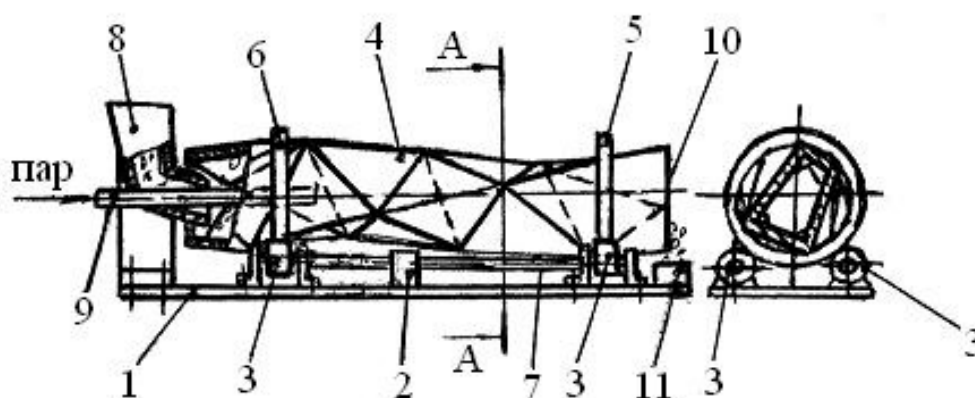


Рисунок 1- Кормоприготовительная машина на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а, смонтированного из пустотелых тетраэдров (КМРЦ5.1.а НД)

На рисунке 1 приведена типовая схема кормоприготовительной машины непрерывного действия (устройства для приготовления кормов), имеющей оптимальное сочетание технологических и конструктивных характеристик на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а, смонтированного из пустотелых тетраэдров, сокращенное название такой машины принято (КМРЦ5.1.а НД).

Кормоприготовительная машина (устройство для приготовления кормов) на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а включает станину 1, на которой закреплен привод 2. роликовые опоры 3, релятивный винтовой барабан 4 с ободами 5 и 6, два вала 7 на которых закреплены роликовые опоры 3, загрузочную воронку 8 и емкость 11 в которую через торцевое отверстие 10 барабана 4 выгружаются частицы компонентов кормов. Для изменения угла наклона оси вращения релятивного винтового барабана предусмотрены регулировочные винты (на чертеже не показаны).

**Расчет потребляемой мощности кормоприготовительной  
машины на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а,  
смонтированного из пустотелых тетраэдров (КМРЦ5.1.а НД)**

Релятивный винтовой барабан РЦ 5.1.а состоит из пустотелых тетраэдров (равносторонних треугольных пустотелых пирамид). Количество тетраэдров определяется требуемыми конструктивно-технологическими параметрами процесса кормоприготовления, а именно длиной релятивного винтового барабана  $L$  и его наружным диаметром  $D_{н.б.}$

Ранее в работе [1,2] получена зависимость  $D_{н.б.} = 1,16 \cdot a$ . Объем одного тетраэдра можно определить (рисунки 2 и 3):

$$V = \frac{1}{3} \cdot B \cdot h \quad (1)$$

где:  $B$  – площадь основания, равная  $B = \frac{a^2}{4} \cdot \sqrt{3}$  ;

(2)

$h$  – высота тетраэдра, равная  $h = \sqrt{S^2 - r^2}$ ;

(3)

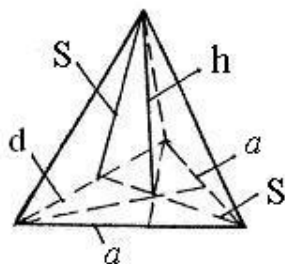


Рисунок 2- Тетраэдр–наглядное изображение  
S – апофема;

r – радиус, вписанной в сторону тетраэдра, окружности;

a –боковая сторона тетраэдра.

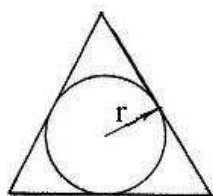


Рисунок 3 -Боковая сторона тетраэдра со вписанной окружностью радиуса r

$$S = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{3}; r = \frac{a}{6} \cdot \sqrt{3} \quad (4)$$

$$h = \sqrt{\left(\frac{a}{2} \cdot \sqrt{3}\right)^2 - \left(\frac{a}{6} \cdot \sqrt{3}\right)^2} = \sqrt{\frac{a^2 \cdot 3}{4} - \frac{a^2 \cdot 3}{36}} = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot a^2 - \frac{1}{12} \cdot a^2} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot a^2} = \frac{a \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

С учетом (1)-(5), получим зависимость для определения объема внутренней полости одного тетраэдра:

$$V_m = \frac{1}{3} \cdot \frac{a \cdot \sqrt{3}}{4} \cdot \frac{a \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{a^3 \cdot \sqrt{2}}{12} = 0,11785 a^3 \quad (6)$$

Если принять по внутреннему ребру пирамиды длину стороны тетраэдра, например,  $a \approx 0,4$  м, то объем релятивного винтового барабана РЦ 5,1,а будет равен:

$$V = V_m = 0.0075424 \cdot \kappa = 0.0075424 \cdot 28 = 0,2111872 \text{ м}^3, \quad (7)$$

где:  $\kappa$  - количество пустотелых тетраэдров, из которых смонтирован релятивный винтовой барабан РЦ 5.1.а ( $\kappa = 28$ ).

Например, задано приготовить кормовую смесь из четырех компонентов в равных пропорциях:

1. горох ( $j=700 \text{ кг/м}^3$ )
2. рожь ( $j= 680 \text{ кг/м}^3$ )
3. ячмень( $j=690 \text{ кг/м}^3$ )
4. овес ( $j=550 \text{ кг/м}^3$ )

Итого, средний удельный вес комбикормов  $j_{\text{ср.}}=655 \text{ кг/м}^3$

Из условия заполнения  $K_v= 0,55$  объема релятивного винтового барабана, массу компонентов кормов находящихся внутри барабана РЦ 5.1.а можно определить с помощью зависимости:

$$m_1 = 0,55 \cdot V \cdot \rho \quad (8)$$

где: плотность  $\rho$  соответствует среднему удельному весу комбикормов заполняющих релятивный винтовой барабан РЦ 5.1.а:

$$m_1 = 0,55 \cdot 0,2111872 \cdot 655 \text{ кг/м}^3 \approx 76 \text{ кг.}$$

Ствол релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а состоит из отдельных правильных тетраэдров, соединенных между собой гранями (рисунок 4).

Вершины тетраэдров такого ствола образуют трехходовую цилиндрическую винтовую линию, а ребра тетраэдров являются секущими этой винтовой линии. Направление завинчивания можно выполнить как левым, так и правым.

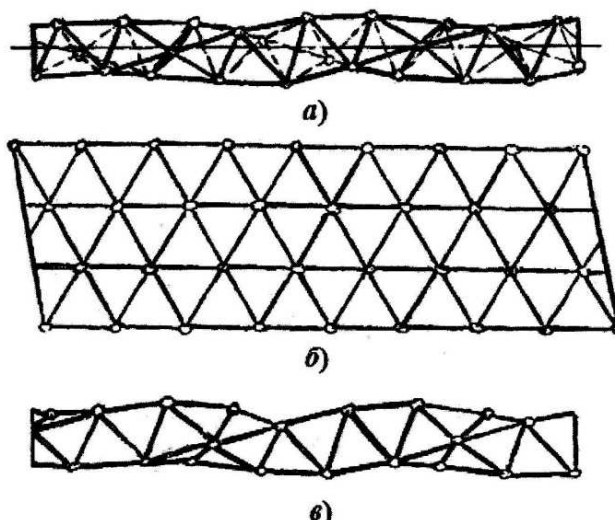


Рисунок 4- Ствол релятивного винтового барабана РЦ5.1.а  
( а–вид спереди, б–развертка боковой поверхности, в–вид сбоку )

Масса релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а, точнее масса его ствола, определяется с помощью определения площади релятивного винтового барабана по периметру (рисунок 4). Так как площадь одной стороны тетраэдра  $S_T$  определяется с помощью зависимости  $S_T = a^2 \cdot \sqrt{3} / 4 = 0.433 \cdot a^2 = 0,0527 \text{ м}^2$ ., то площадь всей боковой поверхности ствола  $S_c$  релятивного винтового барабана РЦ 5.1 будет равна:  $S_c \approx 3 \text{ м}^2$

Принимая, толщину стенок равной 0,003 м, масса ствола  $m_2$  винтового барабана РЦ 5.1.а (сталь Ст.3) будет равна  $m_2 \approx 71 \text{ кг}$ .

Масса в сборе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а включает:

1. Массу компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а –  $m_1 \approx 76 \text{ кг}$
2. Массу ствола релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а –  $m_2 \approx 71 \text{ кг}$ .
3. Массу двух ободов, жестко закрепленных по наружному диаметру релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а:

Так как диаметр винтового ствола релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а определяется с помощью зависимости:  $D = 1.16 \cdot a = 0,464 \text{ м}$ , то этот размер соответствует внутреннему диаметру ободов 5 и 6 (рисунок 1).

Наружный диаметр ободов, из конструктивных соображений, принимаем равным 500 мм. При толщине обода равной 0,015 м, объем одного обода равен  $0.001635 \text{ м}^3$ , а масса одного обода  $m_3 = 13 \text{ кг}$ .

Масса в сборе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а включает:

1. Массу компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а –  $m_1 \approx 76 \text{ кг}$
2. Массу ствола релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а –  $m_2 \approx 71 \text{ кг}$ .
3. Массу двух ободов  $2 \cdot m_3$ , жестко закрепленных по наружному диаметру релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а:  $2 \cdot m_3 = 26 \text{ кг}$

Поэтому, при условии равномерного распределения частиц компонентов кормов, общая масса релятивного барабана РЦ5.1.а в сборе  $m$  будет равна:

$$m = m_1 + m_2 + 2 \cdot m_3 = 76 + 71 + 26 = 173 \text{ кг}.$$

Силу прижатия релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а к опорным роликам при условии равномерного в нем распределения частиц компонентов кормов (рисунок 5) можно определить:

$$F_N = \frac{K \cdot F_t}{f} = \frac{K \cdot T_1 (i+1)}{f \cdot D} \quad (9)$$

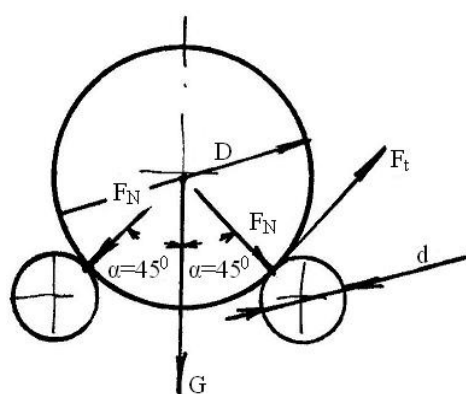


Рисунок 5– Схема действия сил действующих при вращении релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а

$$F_N = G \cdot \cos \alpha \quad (10)$$

где  $G = 173 \cdot 9,81 = 1697,1 \text{ Н}$

$$F_N = 1697,1 \cdot \cos 45^\circ = 1697,1 \cdot 0,52532 \approx 892 \text{ Н}$$

Отсюда определяем вращающий момент на валу опорных роликов

$$M = \frac{F_N \cdot f \cdot D}{K \cdot u} = \frac{892 \cdot 0,21 \cdot 0,51}{1,3 \cdot 2,5} \approx \frac{95,5}{3,25} \approx 29,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (11)$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,21$ ;

$d$  – диаметр ведущего катка,  $d = 0,2 \text{ м}$ ;

$K$  – коэффициент нагрузки, запас сцепления  $K = 1,25 - 1,5$ , принимаем  $K = 1,3$

$u$  – передаточное число от барабана к опорным роликам  $u = 2,5$ .

При  $n_6 = 70 \text{ об/мин}$  с учетом, что  $u = 2,5$ , опорные ролики 3 (рисунк 1) должны вращаться со скоростью  $n = 175 \text{ об/мин}$ , тогда:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 175}{30} = 18,3 \left( \frac{1}{\text{с}} \right) \quad (12)$$

$$\eta_{об} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,63;$$

$$\eta_1 = \eta_3 = 0,9;$$

$$\eta_2 = 0,7.$$

В передаче крутящего момента  $M$  на вал роликов 3 принимает участие двойное вращение передачи и редуктор, поэтому с учетом КПД, мощность электродвигателя  $N$  при симметричном расположении загрузки компонентов кормов с помощью которого возможно вращать опорные ролики 3 и релятивный винтовой барабан РЦ5.1а с общей массой  $m = m_1 + m_2 + m_3 = 76 + 71 + 26 = 173 \text{ кг}$ , можно определить с помощью зависимости:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{\eta_{об}} = \frac{29,4 \cdot 18,3}{0,63} = 854 \text{ Вт} \quad (13)$$

В действительности масса загрузки компонентов кормов расположена в релятивном винтовом барабане несимметрично оси вращения. Поэтому следует предположить, что рассчитанной мощности электродвигателя для работы кормоприготовительной машины будет недостаточно. Для



проверки этого предположения рассмотрим сечение релятивного барабана РЦ 5.1.а плоскостью, перпендикулярной оси вращения (рисунок б) с обозначением

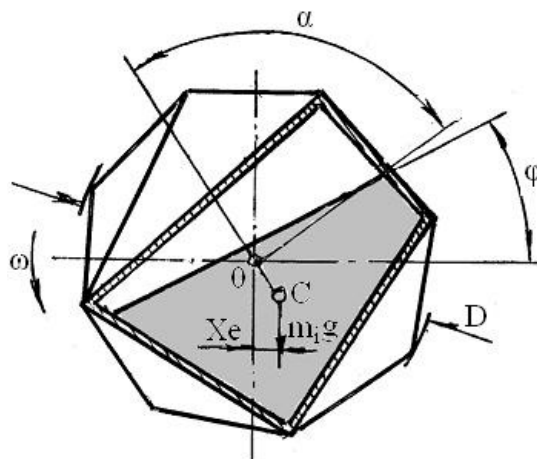


Рисунок б – Схема к расчету релятивного винтового барабана РЦ5.1.а величин применяемых при расчетах, приведенных, например, для релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а., например, угол расположения свободной поверхности частиц компонентов кормов относительно горизонта,  $\alpha$  – половина угла сегмента свободного объема винтового барабана РЦ 5.1.а,  $O$  – центр тяжести загрузки релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а,  $m_1$  – масса загрузки частиц компонентов кормов, радиус  $OC$  обозначим « $e$ » и его значение определим по формуле:

$$e = 0,424 \cdot (1 - K_v) \cdot D = 0,424 \cdot 0,45 \cdot 0,5 = 0,095 \text{ м} \quad (14)$$

Момент относительно оси вращения релятивного винтового барабана создаваемый несимметричной загрузкой компонентов кормов определяется зависимостью:

$$M_1 = x_e \cdot m_1 \cdot g = 0,055 \cdot 76 \cdot 9,81 = 41 \text{ Н м} \quad (15)$$

где:  $m_1$ - масса компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а ;

$x_e$  – проекция отрезка  $OC$  на горизонтальную ось, определяемая зависимостью:

$$x_e = e \cdot \sin \varphi = 0,095 \cdot 0,5736 = 0,055 \text{ м} \quad (16)$$

Зная момент  $M_1$  создаваемый загрузкой релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а можно определить мощность электродвигателя затрачиваемую на преодоление момента создаваемой несимметричной загрузкой компонентов кормов относительно оси вращения релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а.

$$N_1 = \frac{M_1 \cdot \omega}{\eta_{об}} = \frac{41 \cdot 18,3}{0,63} = 1190 \text{ Вт} \quad (17)$$

Таким образом, суммируя мощности электродвигателей для вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1а от воздействия симметричной и несимметричной загрузки получим величину суммарной мощности электродвигателя устройства для приготовления кормов–кормоприготовительной машины (рисунке б):

$$N_{общ.} = N + N_1 = 854 + 1190 = 2044 \text{ Вт.} \approx 2,05 \text{ кВт} \quad (18)$$

Выбираем по справочнику ближайший по ряду электродвигатель:

4А90L4 У3

$N=2,2$  кВт  $n=1420$  об/мин.

Для проверки предлагаемой методики расчета мощности привода кормоприготовительных машин выполним расчет потребляемой мощности кормоприготовительной машины на базе релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а, смонтированного из пустотелых октаэдров (КМРЦ3.1.а НД)

На рисунке 7 приведена типовая схема кормоприготовительной машины непрерывного действия, имеющей оптимальное сочетание технологических и конструктивных характеристик на базе релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а, смонтированного из пустотелых октаэдров, сокращенное название такой машины принято (КМРЦ3.1.а НД).

Кормоприготовительная машина на базе релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а включает станину 1, на которой закреплен привод 2.

роликовые опоры 3, релятивный винтовой барабан 4 с ободами 5 и 6, два вала 7 на которых закреплены роликовые опоры 3, загрузочную воронку 8 и емкость 11 в которую через торцевое отверстие 10 барабана 4 выгружаются частицы компонентов кормов. Для изменения угла наклона оси вращения релятивного винтового барабана предусмотрены регулировочные винты (на чертеже не показаны).

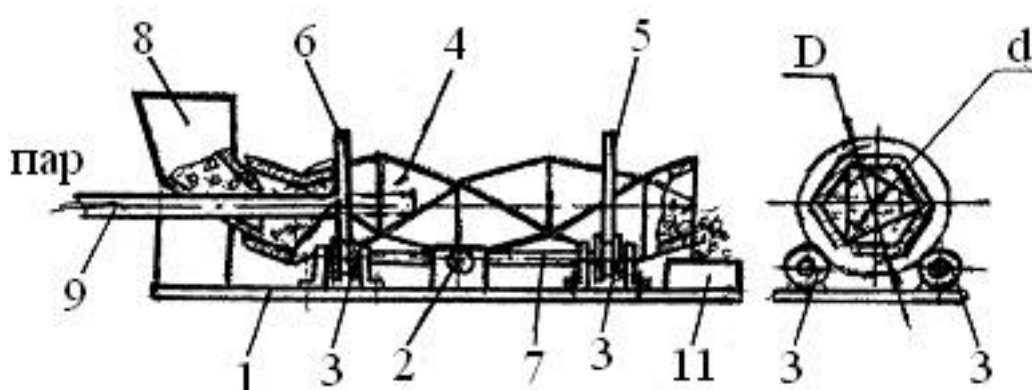


Рисунок 7- Кормоприготовительная машина на базе релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а, смонтированного из пустотелых октаэдров (КМРЦ3.1.а НД).

Релятивный винтовой барабан РЦ 3.1.а состоит из пустотелых октаэдров (рисунок 8). Количество октаэдров определяется требуемыми конструктивно-технологическими параметрами процесса кормоприготовления, а именно длиной релятивного винтового барабана  $L$  и его наружным диаметром  $D_{н.б.}$ . Ранее в работе [1] получена зависимость  $D_{н.б.} = 1.22 \cdot a$ . Угол наклона винтовой линии  $\gamma = 30^{\circ}$ .

Релятивный винтовой барабан РЦ 3.1.а состоит из октаэдров, количество которых определяет длину релятивного винтового барабана 4

Обозначим:

$a$ -ребро

$S$  – апофема

Объем октаэдра определяется по формуле:

$$V = 0,471404521 \cdot a^3 \quad (19)$$

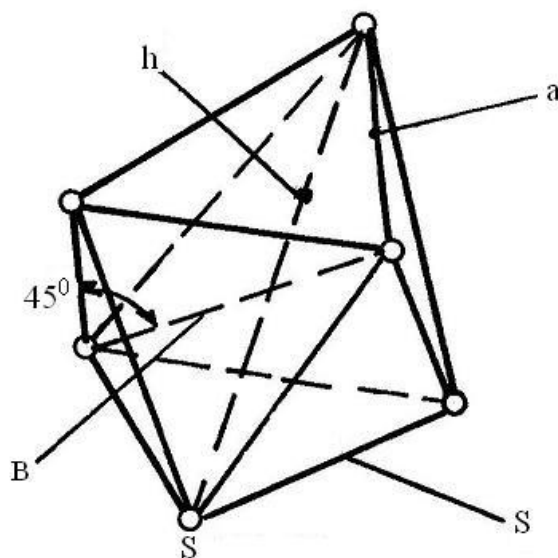


Рисунок 8 – Один из октаэдров, наглядное изображение

Если принять длину стороны октаэдра  $a=0,4\text{м}$ , то объем релятивного винтового барабана РЦ3.1.а смонтированной из 9 октаэдров будет равен

$$V = 9 \cdot 0,471404521 \cdot a^3 = 0,2718 \text{ м}^3 \quad (20)$$

Например, задано приготовить кормовую смесь из четырех компонентов в равных пропорциях:

1. горох ( $j=700 \text{ кг/м}^3$ )
2. рожь ( $j= 680 \text{ кг/м}^3$ )
3. ячмень( $j=690 \text{ кг/м}^3$ )
- 4.овес ( $j=550 \text{ кг/м}^3$ )

Итого, средний удельный вес кормовой смеси  $j_{\text{ср.}}=655 \text{ кг/м}^3$

Из условия заполнения  $K_v= 0,55$  объема релятивного винтового барабана, массу компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а можно определить с помощью зависимости.

$$m_1 = 0.55 \cdot V \cdot \rho \quad (21)$$

где: плотность  $\rho$  соответствует среднему удельному весу кормовой смеси, заполняющих релятивный винтовой барабан РЦ 3.1.а.

$$m_1 = 0,55 \cdot 0,2718 \cdot 655 \text{ кг/м}^3 = 97,92 \text{ кг.} \approx 98 \text{ кг} \quad (22)$$

Для определения массы ствола релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а, рассмотрим рисунок 9.

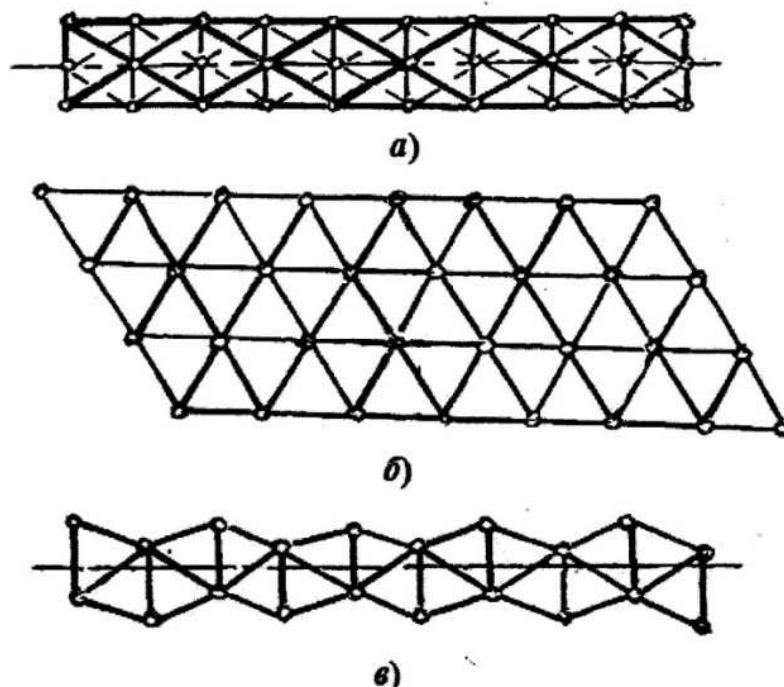


Рисунок 9- Ствол релятивного винтового барабана РЦ3.1.а (а- вид спереди, б-развертка боковой поверхности, в-вид сбоку )

Ствол релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а состоит из отдельных правильных октаэдров, соединенных между собой гранями (рисунок 9). Вершины октаэдров такого ствола образуют одновременно левую и правую трехходовую цилиндрическую винтовую линию, т.е. находятся в точках их взаимного пересечения, а ребра октаэдров являются секущими этих винтовых линий. Направление завинчивания можно выполнить как левым, так и правым.

Для определения массы релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а, точнее его ствола, определяем площадь релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а по периметру (рисунок 9), которая включает 9 октаэдров со сторонами в виде 6 равносторонних треугольников с стороной 0,4 м, т. е. 54 равносторонних треугольников. Причем площадь одного равностороннего треугольника равна:

$$S = \frac{a^2 \cdot \nu^2}{4} = \frac{1,73205}{4} \cdot a^2 = 0,6928192m^2 \quad (23)$$

Таким образом, площадь всей боковой поверхности ствола релятивного винтового барабана будет равна  $S = 0,6928192 \times 54 \approx 3,74 \text{ м}^2$ . Толщина стенок принята: 0,003м. Тогда объем металла, из которого изготовлен ствол релятивного винтового барабана РЦ3.1.а будет равным  $0,01122 \text{ м}^3$ , а масса ствола релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а будет равна:

$$m_2 \approx 88 \text{ кг} \quad (24)$$

Масса в сборе релятивного винтового барабана РЦ 3.1. а включает:

1. Массу компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а –  $m_1 \approx 98 \text{ кг}$
2. Массу ствола релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а –  $m_2 \approx 88 \text{ кг}$
3. Массу двух ободов  $2 \cdot m_3$ , жестко закрепленных по наружному диаметру релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а определяем в следующей последовательности:

Диаметр винтового ствола релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а определяется с помощью зависимости:  $D=1,22 a=1,22 \cdot 0,4=0,488 \text{ м}$ . Это и есть внутренний диаметр ободов 5 и 6 (рисунок 7). Наружный диаметр ободов, из конструктивных соображение, принимаем равным 530 мм. Площадь обода =  $0,128 \text{ м}^2$ , при толщине 0,015 м, масса одного обода  $m_3 \approx 15 \text{ кг}$ , двух ободов:

$$2 \cdot m_3 = 30 \text{ кг} \quad (26)$$

Поэтому, при условии равномерного распределения частиц компонентов кормов, общая масса в сборе релятивного барабана РЦ3.1.а  $m$  будет равна:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 = 98 + 88 + 30 = 216 \text{ кг} \quad (27)$$

Силу прижатия релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а к опорным роликам при условии равномерного распределения частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане РЦ 3.1.а (рисунок 10)

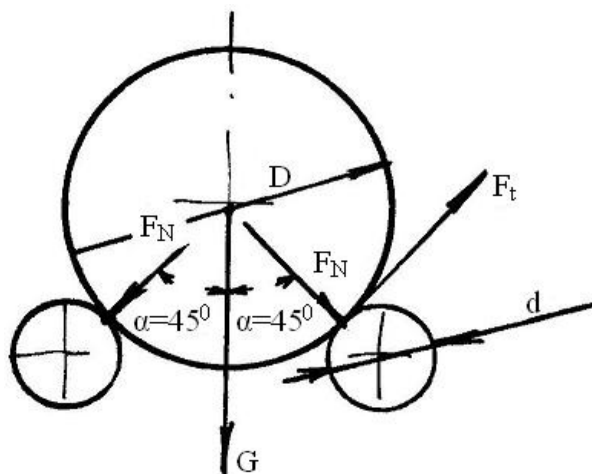


Рисунок 10- Схема действия сил действующих при вращении релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а

можно определить:

$$F_N = \frac{K \cdot F_t}{f} = \frac{K \cdot T_1 (i+1)}{f \cdot D} \quad (28)$$

$$F_N = G \cdot \cos \alpha \quad (29)$$

где  $G = 216 \cdot 9.81 \approx 2119 \text{ Н}$  (30)

$$F_N = 2119 \cdot \cos 45^\circ \approx 1113 \text{ Н} \quad (31)$$

Отсюда определяем вращающий момент на валу опорных роликов

$$M = \frac{F_N \cdot f \cdot D}{K \cdot u} \approx 36 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (32)$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,21$ ;

$d$  – диаметр ведущего катка,  $d = 0,2 \text{ м}$ ;

$K$  – коэффициент нагрузки, запас сцепления  $K = 1,25 - 1,5$ , принимаем  $K = 1,3$

$u$  – передаточное число от барабана к опорным роликам  $u = 2,65$ .

При  $n_6 = 70 \text{ об/мин}$  с учетом, что  $u = 2.65$ , опорные ролики 3 вращаются со скоростью  $n = 175 \text{ об/мин}$ .

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 18,5 \left(\frac{1}{c}\right) \quad (33)$$

В передаче крутящего момента  $M$  на вал роликов принимает участие двойное вращение передачи и редуктор, поэтому с учетом КПД, мощность электродвигателя  $N$  с помощью которого возможно вращать опорные ролики 3 и весь релятивный винтовой барабана РЦ 3.1.а с общей массой  $m = m_1 + m_2 + m_3 = 98 + 88 + 30 = 216$  кг при симметричном расположении загрузки компонентов кормов можно определить с помощью зависимости:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{\eta_{об}} = 1,057 \text{ кВт} \quad (34)$$

где:  $\eta_{об} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,63$ ;

$$\eta_1 = \eta_3 = 0,9;$$

$$\eta_2 = 0,7.$$

В действительности масса загрузки компонентов кормов расположена в релятивном винтовом барабане несимметрично оси вращения. Поэтому следует предположить, что рассчитанной мощности электродвигателя для работы устройства для приготовления кормов (кормоприготовительной машины) будет недостаточно. Для проверки этого предположения рассмотрим сечение релятивного барабана РЦ 3.1.а плоскостью, перпендикулярной оси вращения (рисунок 6.11) с обозначением величин применяемых при расчетах, приведенных, например для

релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а., например, угол расположения свободной поверхности частиц компонентов кормов относительно горизонта,  $\alpha$  – половина угла сегмента свободного объема винтового барабана РЦ 3.1.а,  $O$  – центр тяжести загрузки релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а,  $m_1$  – масса загрузки частиц компонентов кормов, радиус  $OC$  обозначим « $e$ » и определим по формуле:



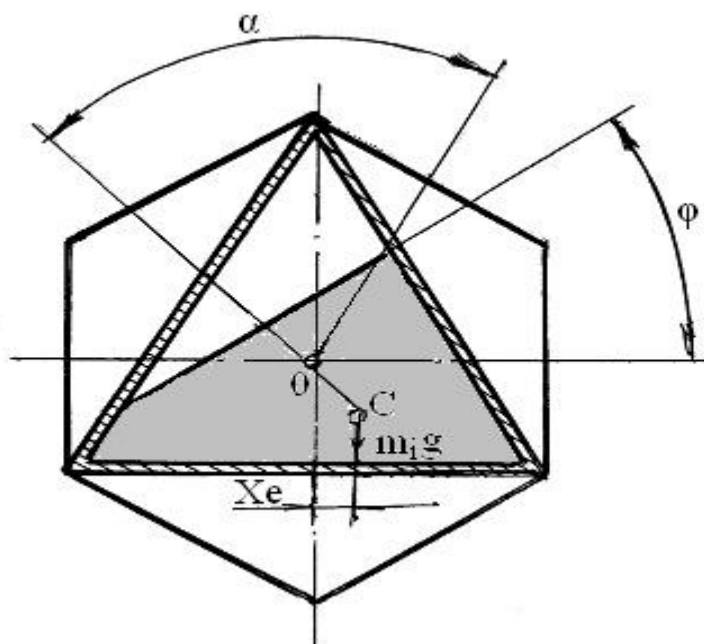


Рисунок 11- Ствол релятивного винтового барабана РЦ3.1.а  
(а- вид спереди, б-развертка боковой поверхности, в-вид сбоку)

$$e = 0,424 \cdot (1 - K_v) \cdot D = 0,424 \cdot 0,45 \cdot 0,53 = 0,101124 \text{ м} \quad (35)$$

Момент относительно оси вращения релятивного винтового барабана создаваемый несимметричной загрузкой компонентов кормов определяется зависимостью:

$$M_1 = x_e \cdot m_1 \cdot g \approx 72 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (36)$$

где:  $m_1$ - масса компонентов кормов находящихся внутри релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а ;

$x_e$  – проекция отрезка ОС на горизонтальную ось, определяемая зависимостью:

$$x_e = e \cdot \sin \varphi = 0,101124 \cdot 0,5736 = 0,0744 \text{ м} \quad (37)$$

Зная момент  $M_1$  создаваемый загрузкой релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а можно вычислить мощность электродвигателя затрачиваемой на преодоления момента создаваемый загрузкой компонентов кормов относительно оси вращения релятивного винтового барабана РЦ 3.1.а.

$$N_1 = \frac{M_1 \cdot \omega}{\eta_{об}} = \frac{72 \cdot 18,3}{0,63} = \frac{1317,6}{0,63} = 2,0914 \text{ кВт} \quad (38)$$

Таким образом, суммируя мощности электродвигателей для вращения релятивного винтового барабана РЦЗ.1а получим:

$$N_{\text{общ.}} = N + N_1 = 1,057 \text{ кВт} + 2,0914 \text{ кВт} = 3,1484 \text{ кВт}$$

Выбираем по справочнику ближайший по ряду электродвигатель:

4А100L4 УЗ

$N=4$  кВт     $n=1420$  об/мин.

### Выводы

Для определения суммарной мощности электродвигателя устройства для приготовления кормов (кормоприготовительной машины) необходимо в расчетах учитывать не только воздействие симметричной, но и несимметричной загрузки, в том числе момент создаваемый несимметричной загрузкой компонентов кормов относительно оси вращения релятивного винтового барабана.

### Литература

1. Марченко А. Ю. Оптимизация конструктивно-расчетных параметров цилиндрических винтовых барабанов для приготовления комбикормов : дис. канд. техн. наук / А. Ю. Марченко; КубГАУ. – Краснодар, 2012. – 178 с.

2. Марченко А. Ю. Перспективы применения релятивных винтовых и комбинированных барабанов для смешивания сыпучих материалов / А. Ю. Марченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [электронный ресурс] – Краснодар: КубГАУ, 2015. – #09(113). С. 773-787. – режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/55.pdf>

### References

1. Marchenko A. Ju. Optimizacija konstruktivno-raschetnyh parametrov cilindricheskih vintovyh barabanov dlja prigotovlenija kombikormov : dis. kand. tehn. nauk / A. Ju. Marchenko; KubGAU. – Krasnodar, 2012. – 178 s.

2. Marchenko A. Ju. Perspektivy primeneniya reljativnyh vintovyh i kombinirovannyh barabanov dlja smeshivaniya sypuchih materialov / A. Ju. Marchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [jelektronnyj resurs] – Krasnodar: KubGAU, 2015. – #09(113). S. 773-787. – rezhim dostupa : <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/55.pdf>