

Серга Г. В.

Белокур К. А.

Иванов А. Н.

**Федеральное
государственное
образовательное
учреждение высшего
профессионального
образования
«Кубанский
государственный
аграрный университет»**

УДК 631.363.286

ВИБРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДОЙ ДВИЖЕНИЯ МАСС ЗАГРУЗКИ

*Представлено обґрунтування використання
гвинтових агрегатів в якості робочих органів вібраційного
обладнання, в яких рух частинок маси завантаження з
великою амплітудою руху забезпечується лише
оригінальною їх конструкцією.*

*Explanation of application of screw aggregates as quantify
of work organs of vibrating equipment in which movement of
particles of mass of load with great amplitude of movement is
supported only by original construction is represented.*

Для большинства существующих технологических процессов характерно наличие противоречия между наивысшей формой способа технологического взаимодействия между предметами обработки и инструментом (массы загрузки), например, виброобразивная обработка, галтовка во вращающихся барабанах и др. и низшими формами осуществления технологического транспортирования [1].

В то же время технические возможности современных машин и физическая возможность осуществления перехода к автоматическим системам характерны для Ш и 1У классов технологических процессов, а реализация этих возможностей связана с переходом к соответствующим им классам машин [1]. Причем для наиболее совершенных процессов 1У класса с объемным взаимодействием инструмента и предмета обработки, экономически целесообразным являются машины 1У класса, для которых характерно выполнение технологического процесса обработки в процессе транспортирования предметов обработки в неориентированном состоянии через рабочее пространство с произвольной скоростью при максимально возможной плотности в любом сечении потока. Целью настоящей работы и является создание прогрессивного процесса, базирующегося на использование машин 1У класса. В основу таких машин могли бы быть положены шнековые устройства, обеспечивающие непрерывное транспортное движение масс загрузки. Однако одно только транспортное движение со стационарным характером движение масс загрузки

надлежащего эффекта обработки не приносит. Необходимо создать такое принципиально новое технологическое оборудование, в котором транспортное движение, осуществляемое от того же винтового шнека, сопровождалось бы сложно пространственным движением с большой амплитудой, которое за счет возникновения сил взаимодействия между частицами масс загрузки обеспечило бы высокую интенсивность обработки.

При особом подходе к конструированию рабочих поверхностей шнека оказалось возможным совместить транспортные и технологические функции в одном агрегате. Эта возможность реализуется за счет оформления винтовых поверхностей шнека по его периметру плоскими элементами, т.е. использование в качестве рабочего и транспортирующего агрегата устройства с дискретно расположенными по периметру, разнонаправленными по отношению к винтовым линиям плоскими элементами.

Такие устройства нами были названы винтовыми агрегатами - винтовыми роторами, винтовыми барабанами, винтовыми решетками. Оригинальные конструкции винтовых агрегатов не имеют аналогов. В 1990г. Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС, Женева) опубликовала в США и в 12 ведущих странах Европы наше изобретение «Пустотелый шнек из полосового материала» № РСТ / SU 00246. За прошедшие годы на эти винтовые агрегаты нами получено свыше 100 патентов на изобретения в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Комбинирование величины и направления винтовых параметров в сочетании



с геометрическими параметрами плоских элементов позволяет управлять сложно-пространственным движением массы загрузки с большой амплитудой движения (строительные материалы, детали и рабочая среда, пищевые продукты, сельхозпродукция и т.п.), т.е. увеличивать или уменьшать транспортный или технологический эффект. В настоящее время известны конструкции 23 винтовых агрегатов, в том числе 13 винтовых агрегатов условно цилиндрической формы (рис.1а, рис.1б, рис.1в, рис.1г, рис.1д, рис.1е, рис.1ж, рис.1з, рис.1и, рис.1к, рис.1л, рис.1м, рис.1н), 7 винтовых агрегатов условной конической формы (рис.2а, рис.2б, рис.2 в, рис.2 г, рис.2л, рис.2е, рис.2ж.), 2 винтовых агрегата условно выпуклой формы (рис.3а, рис.3б) и 1 винтовой агрегат условно вогнутой формы (рис.4).

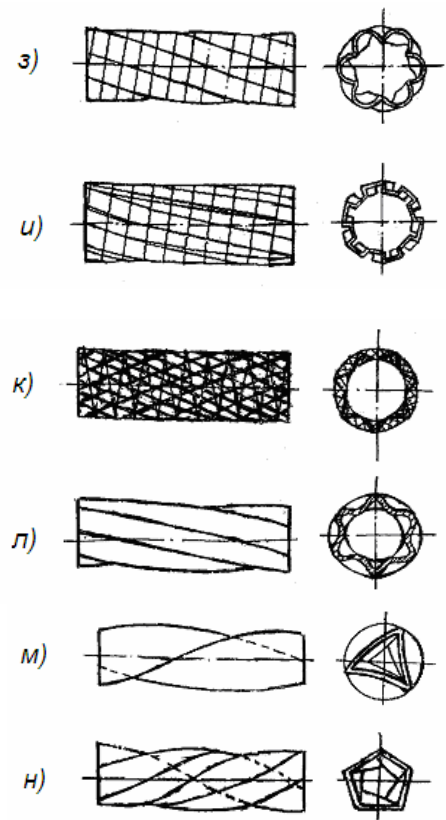
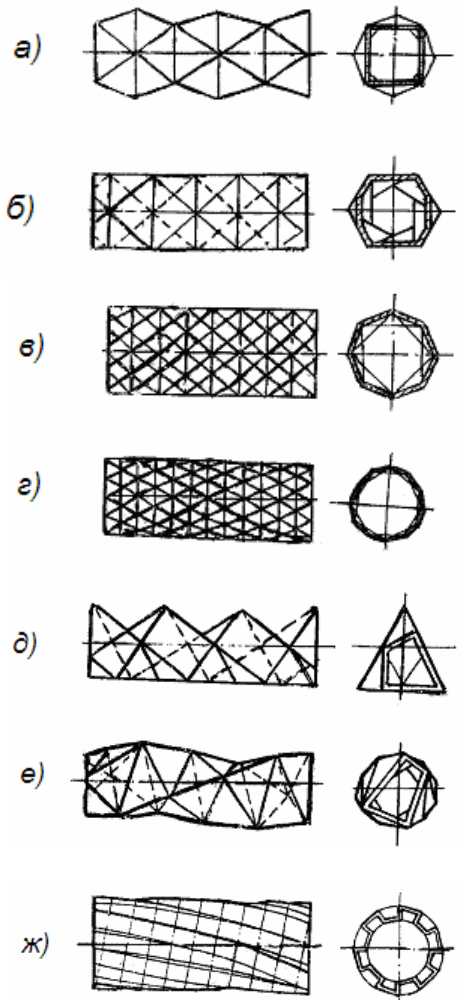
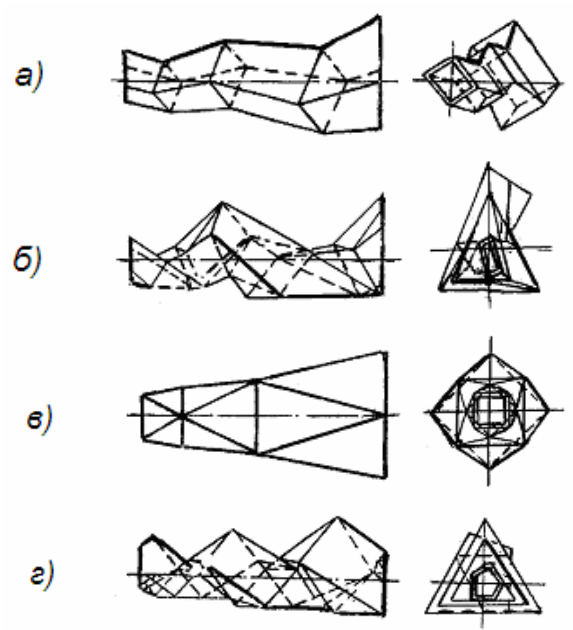


Рис. 1. Цилиндрические винтовые агрегаты с постоянным по длине шагом винтовых линий



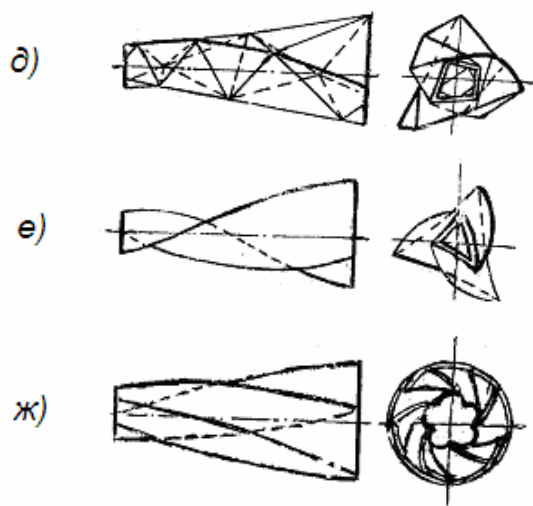


Рис. 2. Конические винтовые агрегаты с переменным по длине шагом винтовых линий

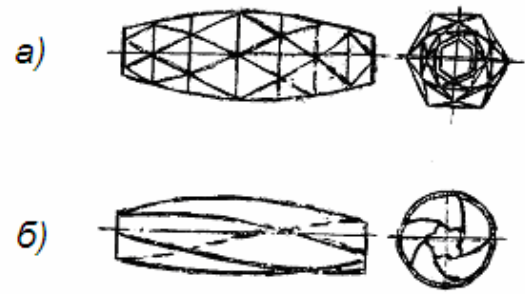


Рис. 3. Бочкообразные винтовые агрегаты с переменным по длине шагом винтовых линий

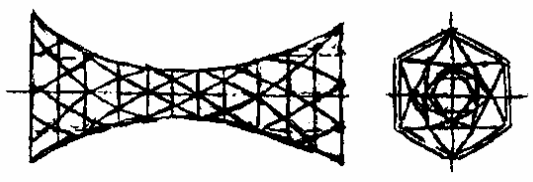


Рис. 4. Вогнутые винтовые агрегаты с переменным по длине шагом винтовых линий

Итак, винтовые агрегаты представляют собой весьма сложные пространственные конструкции, имеющие определенное сходство со всевозможными шнековыми устройствам и наиболее близко это сходство проявляется в винтовых агрегатах, показанных на рис.1е, рис.1ж, рис.1з, рис.1и, рис.1к, рис.1л, рис.1м, рис.1н.

Сложными по конструктивному оформлению являются винтовые агрегаты, у которых дискретные плоские рабочие

поверхности располагаются вдоль винтовых линий разного направления и шага (рис. 1а, рис.1б, рис.1в, рис.1г, рис.1е, рис. 2а, рис.2б, рис.2в, рис.2г, рис.2д, рис. 3а, рис.4. Например, на рис.5 представлен винтовой агрегат, у которого дискретные плоские рабочие поверхности в виде равносторонних треугольников располагаются вдоль трех ломанных винтовых линий основного направления с шагом S_1 : 2-3-4-5-6-7; 8-9-10-11-12; 13-14-15-16-17, и двух ломанных винтовых линий противоположного направления: 12-16-5-10-14-3-8; 17-6-11-15-4-9-13 с шагом S_2 .

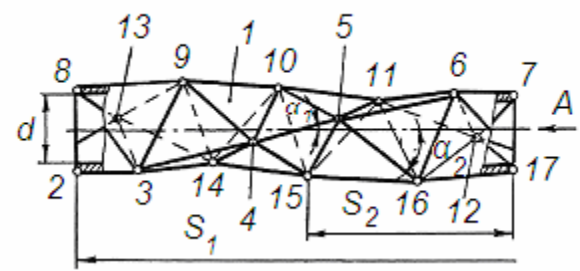


Рис. 5. Цилиндрический винтовой агрегат с тремя ломанными винтовыми линиями основного направления и двумя ломанными линиями противоположного направления (вид спереди)

Вид А

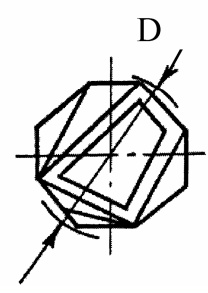
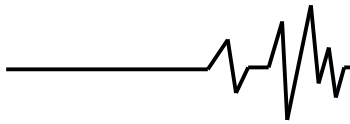


Рис. 6. Цилиндрический винтовой агрегат с тремя ломанными винтовыми линиями основного направления и двумя ломанными линиями противоположного направления (вид по стрелке А на рис. 5)

Такой винтовой агрегат характеризуется тем, что поперечное сечение имеет форму неправильного четырехугольника, расположенного асимметрично относительно оси вращения и имеет, относительно поперечного сечения каждого участка винтового агрегата, одну грань, наклон которой противоположен направлению движения масс загрузки (частицы сыпучих материалов),



поэтому за каждый оборот винтового агрегата осуществляется возврат части масс загрузки, что приводит их интенсивному смешиванию.

Наружный диаметр этого винтового агрегата определяется зависимостью

$$D = k \cdot a_5, \quad (1)$$

где a_5 – сторона равностороннего треугольника;

k – коэффициент, определенный по результатам исследований ($k = 1,16$).

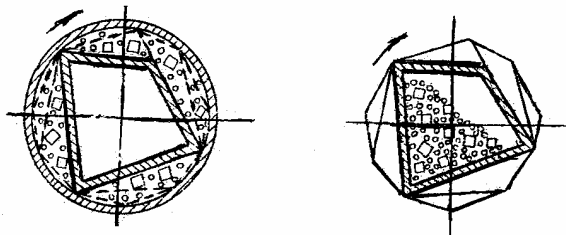
Диаметр проходного сечения винтового агрегата определяется зависимостью

$$d = m \cdot a_5, \quad (2)$$

где m – коэффициент, определенный по результатам исследований ($m = 0,56$).

Угол наклона винтовых линий основного направления $\alpha_1 = 19^\circ 30'$, угол наклона винтовых линий противоположного направления – $\alpha_2 = 76^\circ$.

Представим себе движение шара (в пределах материальной точки) при вращении такого винтового агрегата, заключенного в цилиндрическую оболочку (рис. 7а).



а) б)
Рис. 7. Схема загрузки винтового агрегата:

а) частицы сыпучих материалов расположены в пространстве между внутренней цилиндрической оболочкой и дискретными плоскими элементами винтового агрегата;

б) частицы сыпучих материалов расположены внутри винтового агрегата

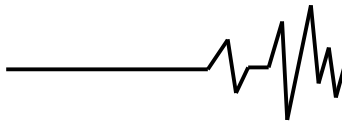
Находясь в определенной точке такой плоской поверхности вращающегося винтового агрегата, шар увлекается этой поверхностью, в определенный момент времени под действием сил тяжести скатывается, продвигаясь при этом в осевом направлении (эффект шнека) до тех пор, пока не перейдет на соседнюю плоскую поверхность другого направления. Попав на эту поверхность, шар изменит направление осевого перемещения. Затем он снова попадет на ту поверхность, с которой началось движение, и т.д., т.е. в конечном итоге результирующего осевого перемещения

шар не получит. Иное дело когда масса загрузки находится внутри винтового агрегата. В этом случае результирующая осевого перемещения всей массы загрузки обязательно будет иметь место, и это определяется соотношением винтовых параметров разнонаправленных винтовых поверхностей (винтовых линий). В винтовых агрегатах это движение определяется соотношением винтовых параметров- шагов и числа заходов, за исключением винтовых агрегатов рис.1а, рис.1б, рис.1в, рис.1г, в которых, если размышлять совершенно абстрактно, осевого перемещения быть не должно. Поэтому, при монтаже этих винтовых агрегатов создается небольшой (3^0 - 5^0) их наклон с тем, чтобы за счет действия составляющей от силы тяжести создать перемещение масс загрузки в нужную сторону. При этом, разнонаправленность винтовых поверхностей создает эффект перемешивания масс загрузки, т.е. способствует интенсификации процесса обработки. Все изложенное выше было сказано в предположении, что массы загрузки располагаются в пространстве между внутренней цилиндрической оболочкой и дискретными плоскими элементами, образующими в совокупности винтовой агрегат.

Таким образом, в действительности оказалось более удобным загружать массы загрузки внутрь винтового агрегата (рис. 7б). По сравнению с внешним расположением здесь значительно выше интенсивность взаимодействия частиц масс загрузки. Что же касается рассуждений о выявлении направления осевого перемещения, то в принципе они остаются такими же. При внутреннем расположении масс загрузки, т.е. при отсутствии внешних ограничивающих устройств в значительной мере действует эффект шнека. Поэтому, в предлагаемой математической модели этот эффект не учитывается.

На основании пояснений, изложенных выше, можно представить всю сложность происходящих явлений и характер движения материального объекта внутри винтового агрегата, будь то предметы обработки и гранулы (частицы) рабочих сред, или частицы масс строительных материалов (цемента, гравия, песка), или частицы масс компонентов кормов и т.п.

Этим можно заранее объяснить те приближения и допущения, которые были сделаны при создании математических моделей, описывающих процессы движения частиц масс загрузки в винтовых агрегатах.



В винтовом агрегате при внутреннем расположении загрузки уравнение движения частиц масс загрузки в пределах материальной точки имеет вид:

$$\begin{cases} m \cdot V_j = -P \cdot \cos\varphi \cdot \sin j - F_{тр,j} \\ m \cdot r \cdot \ddot{\varphi} = -P \cdot \cos\varphi - F_{тр,} \end{cases} \quad (3)$$

где $V_j = r \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin j$, $F_{тр,j} = F_{тр} \cdot \sin j$,

$$F_{тр} = \mu \cdot N; \quad (4)$$

μ – коэффициент трения между частицами масс загрузки;

N – сила нормального давления $N = P \cdot \sin\varphi - F_n$;

F_n – величина центростремительного ускорения $F_n = m \cdot r \cdot \varphi^2$;

r – радиус шара, вписанного в полость винтового агрегата $r = f(a)$;

a – наибольший размер плоского элемента (например, сторона равностороннего треугольника);

m – масса моделируемых движущихся материальных точек M (при этом может быть m_1 – масса крупной частицы в виде шара радиусом r_1 , m_2 – масса мелкой частицы в виде шара радиуса r_2 ; или масса частиц строительных материалов m_1, m_2 и т.п.;

φ – угол поворота винтового агрегата;

ρ – радиус вращения в зависимости от меняющейся геометрии стенок вращающегося винтового агрегата в плоскости перпендикулярной его оси вращения;

P – сила тяжести $P = mg$.

Используя начальные условия с учетом некоторых допущений, после интегрирования и преобразований получим простейшие формулы для расчета скорости движения вдоль винтовой линии V_j скорости продольного перемещения V_z и длины винтового агрегата $L_{р.к.}(Z)$:

$$V_j = \sin j \cdot \sqrt{\omega^2 \cdot r^2 - 2g \cdot r \cdot (1 + \sin\varphi) - \omega \cdot r \cdot \sin j}; \quad (5)$$

$$V_z = \text{tgj} \left[-\omega \cdot r + \sqrt{V \omega^2 \cdot r^2 - 2g \cdot r \cdot (1 + \sin\varphi)} \right]; \quad (6)$$

$$Z = r \cdot \text{tgj} \cdot (\theta - \omega \cdot t); \quad (7)$$

где

$$\frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{2} + \frac{\varphi}{2}. \quad (8)$$

Интервальная оценка числовых характеристик винтовых агрегатов с помощью зависимостей (5), (6), (7) показала их некоторые отличия от реального процесса движения в винтовых агрегатах, поэтому в дальнейших исследованиях следует учитывать контактные силы – силы, образующиеся в результате соударений и обкатывания, а также

силы увлечения массы загрузки стенками винтового агрегата.

В условиях Пуассоновского распределения потока контактирования сила трения между телами может быть определена зависимостью

$$F_{тр.} = \mu \cdot P m^1 \cdot N; \quad (9)$$

где обобщенный вероятный коэффициент $P m^1$ контактов m^1 частиц масс загрузки представить в виде:

$$P m^1 = 0,82 \cdot \left(1 - \sum_{i=0}^{k-1} P_{i,n} \right) \cdot \left(1 - \frac{(k \cdot q) m^1}{m^1!} \cdot e^{-k \cdot q} \right); \quad (10)$$

$$P_{i,n} = C_n^i \cdot p^i \cdot (1-p)^{n-i}, q = e^{-\lambda(\varphi)};$$

где C_n^i – число сочетаний из n – элементов по i ,

p – вероятностная характеристика, уточняемая экспериментальным путем ($p = 0,25$);

$\lambda(\varphi)$ – математическое ожидание числа покрытий поверхности шарового пояса S_{m1} площадями поперечного сечения шаров S_{m2} , т.е.

$$\lambda(\varphi) = \frac{S_{m1}}{S_{m2}} \cdot K(\varphi);$$

$K(\varphi) = \frac{1 - \sin\varphi}{2}$ – коэффициент, характеризующий

степень покрытия в зависимости от угла поворота винтового агрегата, при

$$\varphi = \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$$

точке «захвата масс»),

$$\lambda(\varphi) = \lambda_{\max} = \frac{S_{m1}}{S_{m2}} \quad \text{при}$$

$\varphi = +\frac{\pi}{2}$ число соударений самое наименьшее

(рассеивание шаров m_1 уже значительное $\lambda = (\varphi = +\frac{\pi}{2}) = \lambda_{\min} = 0$, близкое к нулю), т.е.

соударения отсутствуют.

Поэтому $\lambda(\varphi) = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2} (1 - \sin\varphi)$.

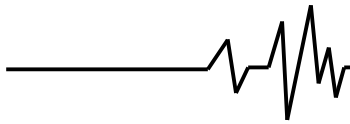
Сила нормального давления между контактирующими m_1 и m_2 поверхностями определяется зависимостью

$$N = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot K_B \cdot r \cdot \varphi^2; \quad (11)$$

где $K_B = \frac{1}{2} \cdot (1 - K^2(\varphi))$. (12)

Сила, с которой масса загрузки увлекается стенками винтового агрегата, может быть представлена в виде

$$P_l = \mu \cdot \frac{\pi}{3} \cdot j \cdot r \cdot K_c \cdot S_l \cdot K_v; \quad (13)$$



где K_c – коэффициент, учитывающий влияние частоты вращения винтового агрегата;
 S_1 – площадь поперечного сечения частицы;
 j – удельный вес частиц масс загрузки;

$K_v \left(\frac{V_m}{V_{p.k.}} \right)$ – коэффициент заполнения объема

винтового агрегата;

V_m – объем массы загрузки;

$V_{p.k.}$ – объем внутренней поверхности винтового агрегата;

μ – коэффициент трения между частицами масс загрузки и стенками винтового агрегата, определяемый зависимостью

$$\mu = \mu_{20} + b_2 \cdot \sigma_K + C_2 \cdot \sigma_K^2; \quad (14)$$

где σ_K – контактные напряжения между частицами масс загрузки между собой или частицами масс загрузки и стенками винтового агрегата;

μ_{20}, b_2, C_2 – физические коэффициенты.

С учетом (9), (11), (12), (13), (14) второе уравнение системы (3) принимает вид:

$$\ddot{\varphi} = [K_1 - K_0] \cdot \cos \varphi + k_2 \cdot (\mu_{20} + b_2 \cdot \dot{\varphi} + C_2 \cdot \dot{\varphi}^2) \cdot \varphi^2; \quad (15)$$

где

$$K_1 - K_0 = -(1 - \mu) \cdot \frac{q}{r};$$

$$K_1 = \frac{\mu \cdot \frac{\pi}{3} \cdot j \cdot K_c \cdot S_1 \cdot \frac{V_m}{V_{p.k.}}}{m};$$

$$K_0 = \frac{q}{r}; K_2 = -\frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot P_m \cdot K_B;$$

После интегрирования (15) методом последовательных приближений получим:

$$\dot{\varphi} = \sqrt{(1 + \mu_{20} \cdot K_2 \cdot (\pi + 2\varphi)) \cdot \omega^2 + 2 \cdot (K_1 - K_0) \cdot (1 + \sin \varphi)}. \quad (16)$$

Поскольку $V_z = (r \cdot \text{tgj} \cdot \dot{\varphi} + C) < 0$, то после преобразований получим зависимость для определения скорости перемещения частиц масс загрузки в винтовом агрегате:

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{\omega^2 - 0,02 \cdot K_{10} \cdot \omega (1 + \sin \varphi)} \right\} \quad (17)$$

С учетом результатов экспериментальных исследований [4] на базе (17) получена упрощенная зависимость:

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{\omega^2 - 0,02 \cdot K_{10} \cdot \omega (1 + \sin \varphi)} \right\}; \quad (18)$$

где

$$K_{10} = \mu_{10} \cdot \frac{\pi}{3} \cdot \frac{j}{m_1} \cdot S_1 \cdot \frac{V_m}{V_{p.k.}};$$

μ_{10} – некоторый коэффициент трения скольжения частиц в винтовом агрегате, например, $0,07 \leq \mu_{10} \leq 0,15$.

Используя результаты экспериментальных исследований,

экстраполируя при $\varphi = -\frac{\pi}{4}; 0; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}$, с учетом построения ряда в форме Маклорена получили зависимость

$$V_z = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ -\omega + \sqrt{[1 - 0,018(\pi + 2\varphi)] \cdot \omega^2 - 2\omega(0,7 - 0,1\omega) \cdot (1 + \sin \varphi)} \right\} \quad (19)$$

согласно которой для условий экспериментальных исследований расчетные скорости движения частиц масс загрузки в винтовых агрегатах отличаются на 10-17%.

Используя экспериментальные данные с учетом экстремальных условий, выполнив прогнозирование характеристик, учитывающих влияние скоростных режимов K_c и влияния соотношения объема массы загрузки и объема рабочей камеры винтового агрегата K_v , запишем:

$$V_z \left(\frac{\pi}{2} \right) = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ \omega + \sqrt{(1 + 2\mu_{20} \cdot K_2 \cdot \pi) \cdot \omega^2 + 4 \cdot (K_1 - K_0)} \right\}; \quad (20)$$

$$Z \left(\frac{\pi}{2} \right) = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ \frac{\pi^2}{2} \cdot \mu_{20} \cdot K_2 + \frac{\pi}{\omega^2} \cdot (K_1 - K_0) \right\}. \quad (21)$$

Пользуясь зависимостями (20), (21), можно рассчитать скорость и длину продольного перемещения частиц сыпучих материалов (масс загрузки) в общем виде.

С учетом проведенного анализа коэффициентов K_v и K_c получим:

$$(K_1 - K_0) = \frac{2}{\pi} \cdot \mu_{20} \cdot K_2 \cdot \omega^2. \quad (22)$$

Тогда формула (21) для определения расчетного продольного перемещения частиц масс загрузки за один оборот примет вид:

$$Z = r \cdot \text{tgj} \cdot (\pi^2 + 4) \cdot \mu_{20} \cdot K_2. \quad (23)$$

Зная общее время обработки предмета (детали), или время приготовления растворов или бетонов, или время смешивания компонентов кормов, или и т.п. можно определить общее количество оборотов $N_{об}$ и требуемую длину винтового агрегата:

$$L_{p.k.} = r \cdot \text{tgj} \cdot (\pi^2 + 4) \cdot \mu_{20} \cdot K_2 \cdot N_{об}^1. \quad (24)$$

Обозначив в (20) $\mu_{20} \cdot K_2 = \alpha(\omega)$;

$K_1 - K_0 = \beta(\omega)$, получим выражение:

$$V_z \left(\frac{\pi}{2} \right) = r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ \omega + \sqrt{[1 + 2\pi \cdot \alpha(\omega)] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\} \quad (25)$$

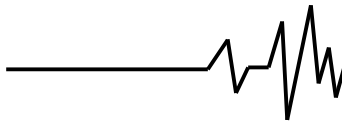
согласно которому средняя скорость перемещения частиц масс загрузки в винтовом агрегате (т.е. ее модуль) оценивается:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ \omega - \sqrt{[1 + 2 \cdot \pi \cdot \alpha(\omega)] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\}. \quad (26)$$

Введя в (26) коэффициент «растяжения» как функцию $A(\xi; \omega; m; m_2)$, получим:

$$V_n = 0,5 \cdot A \cdot r \cdot \text{tgj} \cdot \left\{ \omega - \sqrt{[1 + 2 \cdot \pi \cdot \alpha(\omega)] \cdot \omega^2 + 4\beta(\omega)} \right\}; \quad (27)$$

где структура коэффициента A имеет вид:



$$A = \left[\frac{(1 + \xi)^{\frac{1}{\xi}}}{(1 + \xi_{\max})^{\frac{1}{\xi_{\max}}}} \right]^{\delta_5} \cdot (1 + \Delta); \quad (28)$$

где δ_5, Δ – поправочные коэффициенты.

Для выявления характера зависимостей $\alpha_{(\omega)}$ и $\beta_{(\omega)}$, между которыми существует связь:

$$\alpha_{(\omega)} = \frac{\pi}{2 \cdot \omega^2} \cdot \beta_{(\omega)}; \quad (29)$$

функцию V_n представляем полиномом n-ной степени:

$$V_n = V_{\omega} = \sum_{i=0}^n C_i \cdot \omega_i; \quad (30)$$

где C_i вычисляется как коэффициент интерполяционного полинома Лагранжа:

$$V_{(\omega)}^n = \sum_{i=0}^n V_i^* \cdot \frac{(\omega - \omega_0) \cdot (\omega - \omega_{i-1}) \cdot (\omega - \omega_{i+1}) \cdot \dots \cdot (\omega - \omega_n)}{(\omega_0 - \omega) \cdot (\omega_i - \omega_{i-1}) \cdot (\omega_i - \omega_{i+1}) \cdot \dots \cdot (\omega_i - \omega_n)}; \quad (31)$$

где V_i^* – экспериментальные значения скоростей частиц масс загрузки при угловых скоростях вращения винтового агрегата, равных ω_i ; $n=4$.

Из (23), (30), (31) с использованием некоторых упрощений получим выражение для коэффициентов $\alpha_{(\omega)}$ и $\beta_{(\omega)}$:

$$\alpha_{(\omega)} = -\frac{\pi}{\pi^2 + 4} \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^{i-1}; \quad (32)$$

$$\beta_{(\omega)} = -\frac{2}{\pi^2 + 4} \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^{i+1}; \quad (33)$$

где

$$C_i = \frac{2}{r} \cdot C_{tgi} \cdot C_i; \quad (34)$$

Получим зависимости для анализа (определения) скорости продольного перемещения частиц масс загрузки в винтовом агрегате:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot tgi \cdot \left\{ \omega - \sqrt{\omega^2 - 2\omega \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^2} \right\}; \quad (35)$$

После исследования этой математической модели и определения коэффициентов интерполяционного полинома C_i и коэффициента v , модифицируя зависимость (35) получаем:

$$V_n = 0,5 \cdot r \cdot tgi \cdot \left\{ \omega - \sqrt{\omega^2 - 2\omega \cdot v \cdot \sum_{i=0}^4 C_i \cdot \omega^2} \right\}; \quad (36)$$

а затем уравнение для определения продольной скорости перемещения частиц масс загрузки в винтовом агрегате приобретает вид:

$$V = 2 \cdot \Pi \cdot \omega \cdot (1 - v) \text{ м/с}, \quad (37)$$

где Π, v – коэффициенты, определение которых требует комплексного подхода с использованием экспериментальных данных и эмпирических зависимостей.

В этом случае моделируемое движение частиц масс загрузки является условным в том смысле, что его изучение сводится только к изучению движущейся в поперечной плоскости к оси вращения винтового агрегата материальной точки во вращающемся винтовом агрегате. Затем, все параметры продольного движения (в частности и скорость) были получены при использовании свойства $j = \text{Const}$ – постоянства угла наклона винтовой линии к продольной оси винтового агрегата. При этом, анализ накопленных результатов аналитических и экспериментальных исследований позволил выявить у винтовых агрегатов признаки, одинаковые при всех условиях работы, и получить зависимости для определения продольной скорости перемещения частиц масс загрузки в винтовых агрегатах [4,5]:

$$V_n = A_0 (\omega^4 + B_1 \omega^3 + B_2 \omega^2 + B_3 \omega + B_4); \quad (38)$$

где A_0 – коэффициент, зависящий от условий работы винтового агрегата $A_0 = f(k_v, m_1, m_2)$;

k_v – коэффициент заполнения винтового агрегата ($K_v = V_m / V_{p.k.}$);

ω – угловая скорость вращения винтового агрегата;

$V_{p.k.}$ – объем внутренней полости винтового агрегата;

V_m – объем загрузки (частиц масс загрузки);

m_1 – масса крупной частицы загрузки;

m_2 – масса мелкой частицы загрузки;

B_1, B_2, B_3, B_4 – коэффициенты, которые характеризуют только геометрию поверхности по периметру винтового агрегата.

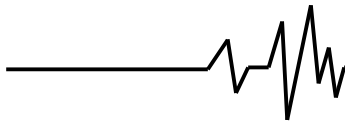
Однако, на практике, определение и вычисление коэффициентов A_0, B_1, B_2, B_3 для всех известных типов винтовых агрегатов и условий их работы оказалось задачей достаточно сложной. В то же время анализ результатов настоящих исследований показывает, что экспериментальные зависимости описываются достаточно просто и однозначно полиномом 2-й степени:

$$V_n = A_0 \cdot (B_1 \cdot \omega^2 + B_2 \cdot \omega + B_3); \quad (39)$$

где $A_0 = k_v \cdot k_m$; $k_m = \frac{m_2}{m_1}$;

B_1, B_2, B_3 – коэффициенты характеризующие геометрию винтового агрегата

Таким образом, в результате проведенных исследований, не только получены зависимости для расчета основных параметров винтовых агрегатов, которые приведены ниже в примере расчета винтового агрегата, но и предложена методика расчета винтовых агрегатов для вибрационных станков (установок), например:



Задано: спроектировать установку для непрерывной отделочно - зачистной обработки деталей, обеспечив при этом не только снятие заусенцев, скругление кромок, но и отделение отходов обработки, отделение частиц рабочих сред от деталей, снятие масел – обезжиривание деталей в процессе обработки и вывод их непрерывным потоком за пределы установки. Габаритные размеры деталей: от 30 до 300мм (детали средней жесткости). Производительность: 10000 кг/час.

Расчет производится следующим образом.

1. Выбираем схему установку.

Оптимальной схемой для процессов непрерывной ОЗО деталей является типовая схема установки (рис. 8) со схемой движения деталей (рис. 9) [2].

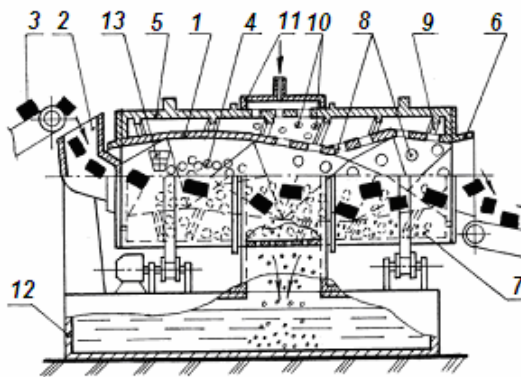


Рис. 8. Установка для непрерывной отделочно - зачистной обработки деталей

Установка работает следующим образом. В винтовой агрегат 1 (рис.8) через средство для загрузки 2 непрерывно загружаются подлежащие обработке детали 3. Рабочая среда 4, например, в виде роликов, шариков, абразивных гранул предварительно загружается внутрь и при вращении винтового агрегата 1 непрерывно циркулирует по его поверхности и внутри наружного барабана 5.

При попадании деталей 3 внутрь винтового агрегата 1 они смешиваются с частицами рабочей среды 4, перемещаются вместе с ними к выходному люку 6 и выгружаются из установки. В процессе перемещения масс загрузки (обрабатываемые детали 3 и рабочая среда 4) от места загрузки к месту выгрузки частицы рабочей среды 4 и отходы обработки 7 выводятся через отверстия 8 из полости винтового агрегата 1 в полость наружного барабана 5.

Диаметр отверстий 8 меньше минимальных размеров обрабатываемых деталей 3, но больше, чем наибольший размер

гранул рабочих сред 4. Рабочая среда 4 и отходы обработки 7 винтовыми направляющими 9 перемещаются в полости наружного барабана 5 в обратном направлении, при этом отходы обработки 7 через отверстия 10 выводятся в центральной части барабана 5, в полость кожуха 11 и из него - в отстойную камеру 12. Диаметр отверстий 10 меньше минимального размера гранул рабочих сред. Рабочая среда, перемещаясь далее винтовыми направляющими 9, заводится в средство для перегрузки 13 и перемещается внутрь винтового агрегата 1, где вновь встречается с деталями, подлежащими обработке, и цикл обработки деталей в полости винтового агрегата 1 гранулами рабочих сред повторяется. Подача интенсифицирующих и мощных растворов осуществляется через патрубки кожуха 11.

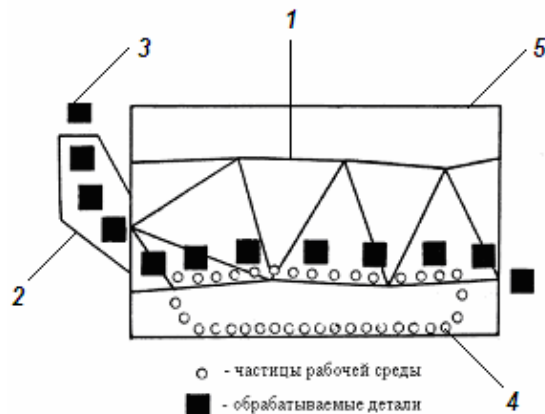


Рис. 9. Схема движения обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред в установке для непрерывной отделочно-зачистной обработки деталей

2. Выбираем винтовой агрегат.

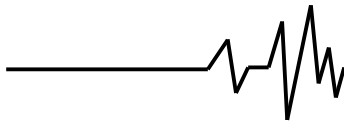
Согласно опытным данным для деталей заданного типоразмера и вида отделочно-зачистной обработки выбираем винтовой агрегат изображенный на рис.1е и рис.5 [3].

3. Выбираем размеры частиц рабочих сред.

С учетом заданных габаритных размеров обрабатываемых деталей и технологических задач для снятия заусенцев и скругления кромок оптимальными являются призмы трехгранные ПТ размером 15×15 или металлические шарики с размерами 15 мм.

4. Выбор отверстий в винтовом агрегате для отделения частиц рабочих сред от обрабатываемых деталей.

Так как размеры частиц рабочей среды лимитируются прохождением их через отверстия винтового агрегата 1 и условиями



непрохождения частиц рабочих сред через отверстия наружного барабана 5, то из конструктивных соображений и выбранных размеров частиц рабочих сред размеры отверстий в винтовом агрегате могут быть равны 28 мм, т.е. меньше минимального размера деталей (30 мм) и максимально больше размеров частиц рабочих сред (15 мм).

5. Определяем диаметр отверстий в наружном барабане 5.

Эти отверстия должны обеспечить прохождение отходов обработки в виде фрагментов заусенцев, частиц снятого слоя с поверхности и кромок деталей и быть меньше диаметра частиц рабочих сред, поэтому, диаметр этих отверстий может быть принят равным 13 мм.

6. Определяем коэффициент заполнения винтового агрегата – k_v .

Из условий выбора максимально возможной скорости продольного перемещения деталей от места загрузки к месту выгрузки принимаем коэффициент заполнения винтового ротора равным

$$k_v = \frac{V_m}{V_{в.р.}} = \frac{S_m}{S_{в.р.с.}} = \frac{D_m}{D_{в.р.с.}} = 0,5, \quad (40)$$

где $V_{в.р.}$ – объем внутренней поверхности винтового агрегата;

V_m – объем загрузки, включая детали и рабочую среду;

$S_{в.р.с.}$ – средняя площадь поперечного сечения винтового агрегата;

S_m – площадь поперечного сечения потока загрузки;

D_m – средний диаметр потока загрузки;

$D_{в.р.с.}$ – средний проходной диаметр винтового агрегата.

7. Определяем геометрические размеры винтового агрегата.

Из (40) получим:

$$D_{в.р.с.} = \frac{D_m}{k_v} \quad (41)$$

Принимаем D_m равным наибольшему размеру обрабатываемых деталей

$$D_m = 0,3 \text{ м.}$$

Получаем

$$D_{в.р.с.} = \frac{D_m}{k_v} = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ м.} \quad (42)$$

С учетом 5%-ого запаса на проход в полости винтового агрегата обрабатываемых деталей, средний диаметр винтового агрегата равен:

$$D_{в.р.с.} = 0,69 \text{ м.} \quad (43)$$

Согласно зависимости полученной в работе [4] наружный диаметр винтового агрегата (диаметр описанного вокруг винтового агрегата цилиндра) равен:

$$D_{в.р.макс} = 1,16 \cdot a_5. \quad (44)$$

Согласно зависимости полученной в работе [4] внутренний диаметр винтового агрегата (вписанного внутри винтового агрегата цилиндра) равен:

$$D_{в.р.мин} = 0,56 \cdot a_5. \quad (45)$$

Тогда средний диаметр винтового агрегата $D_{в.р.ср.}$ равен:

$$D_{в.р.ср.} = 0,86 \cdot a_5. \quad (46)$$

8. Определяем геометрические размеры плоских элементов, из которых собирают винтовые агрегат.

Из (46) с учетом (43) длина стороны равностороннего треугольника a_5 – одного плоского элемента винтового агрегата будет равна:

$$a_5 = \frac{0,63}{0,86} = 0,73 \text{ м.} \quad (47)$$

Округляем в большую сторону, увеличивая запас прочности на проход обрабатываемых деталей в плоскости винтового агрегата и получаем:

$$a_5 = 0,8 \text{ м.} \quad (48)$$

С учетом выполненного округления сторон равносторонних треугольников, из которых будет собран винтовой агрегат, выполняем уточненный перерасчет параметров винтового агрегата.

- средний проходной диаметр винтового агрегата

$$D_{в.р.ср.} = 0,86 \cdot a_5 = 0,86 \cdot 0,8 = 0,688 \text{ м.} \quad (49)$$

- коэффициент заполнения винтового агрегата (k_v)

$$k_v = \frac{D_m}{D_{в.р.ср.}} = \frac{0,3}{0,688} = 0,436 \quad (50)$$

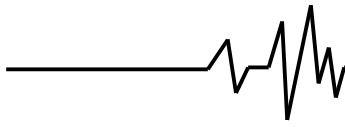
9. Определяем уточненную площадь поперечного сечения винтового агрегата ($S_{в.р.}$), с учетом того, что средний диаметр 0,688 м, а средний радиус - 0,344 м:

$$S_{в.р.} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,344^2 = 0,37 \text{ м}^2. \quad (51)$$

10. Определяем площадь потока загрузки. Из выражения (3.1) находим:

$$S_m = k_v \cdot S_{в.р.} = 0,436 \cdot 0,37 = 0,16 \text{ м}^2. \quad (52)$$

Поскольку оптимальным соотношением масс загрузки и деталей принято считать 1/3, то площадь потока деталей будет равна:



$$S_{м.д.} = \frac{0,16}{4} = 0,04 \text{ м}^2. \quad (53)$$

Тогда объем деталей в непрерывном потоке, приходящемся на один погонный метр длины винтового агрегата, будет равен:

$$Q_d = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ м}^3. \quad (54)$$

Масса деталей в непрерывном потоке на один погонный метр длины винтового агрегата (M_m), будет равна:

$$M_m = Q_d \cdot j = 0,04 \cdot 7,8 = 0,312 \text{ т}. \quad (55)$$

где j – удельный вес материала детали $j = 7,8 \text{ т/м}^3$.

В соответствии с рекомендациями [4] выбираем частоту вращения винтового агрегата с учетом обеспечения максимально возможной энергоемкости соударений деталей и частиц рабочих сред, а значит, и производительности, $n = 70 \text{ об/мин}$.

$$\text{Тогда } \omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 70}{30} = 7,326 \text{ 1/с}.$$

11. Определяем скорость продольного перемещения деталей в винтовом агрегате.

Согласно зависимости [5] скорость продольного перемещения деталей вдоль продольной оси вращения агрегата определится:

$$V_n = A_0 \cdot (B_1 \cdot \omega^2 + B_2 \cdot \omega + B_3); \quad (56)$$

где $B_1 = -21,588$;

$B_2 = 266,017$;

$B_3 = -355,195$;

$A_0 = k_m \cdot k_v$;

$k_v = 0,436$ $k_m = m_2/m_1$ $k_m = 15/300 = 0,05$.

$$\text{Тогда } A_0 = 0,436 \cdot 0,05 = 0,0218. \quad (57)$$

Находим скорость:

$$V = 0,0218(-21,588 \cdot 53,67 + 266,017 \cdot 7,326 - 355,195) = 9 \text{ мм/с} = 32,4 \text{ м/ч}.$$

$$\text{Так как } v = \frac{L}{T} \quad (58)$$

где L – длина винтового агрегата,

T – время обработки деталей в винтовом агрегате (7,5 мин. [5])

$$L = v \cdot T = 0,009 \text{ м/с} \cdot 7,5 \text{ мин} = 4,05 \text{ м}. \quad (59)$$

12. Определяем производительность установки.

Так как масса деталей, приходящаяся на 1 м/п винтового агрегата, определенная по формуле (21) составляет 0,032 т., то производительность (Π) будет равна:

$$\Pi = v \cdot M_m = 32,4 \cdot 0,312 = 10,108 \text{ т/ч} = 10108 \text{ кг/час} \quad (60)$$

Таким образом, основными параметрами проектируемой установки для ОЗО деталей являются:

1. Винтовой агрегат рис.1е выбран в качестве рабочего органа установки.

2. Сторона равностороннего треугольника, из которых изготовлен винтовой агрегат $a_5 = 800 \text{ мм}$.

3. Длина винтового агрегата $L = 4050 \text{ мм}$.

4. Диаметр описанного вокруг винтового агрегата цилиндра $D_{в.р.маx} = 928 \text{ мм}$.

5. Диаметр вписанного внутри винтового агрегата цилиндра $D_{в.р.миn} = 448 \text{ мм}$.

6. Частота вращения винтового агрегата $n = 70 \text{ об/мин}$.

7. Площадь потока деталей $S_{м.д.} = 0,04 \text{ м}^2$.

8. Коэффициент заполнения винтового агрегата $k_v = 0,436$

9. Объем деталей загружаемых в винтовой агрегат $Q_d = 0,04 \cdot 4,05 = 0,162 \text{ м}^3$.

10. Объем частиц рабочих сред загружаемых в установку $Q_{р.ч.} = 0,162 \cdot 3 = 0,486 \text{ м}^3$.

Расчетная производительность $\Pi = 10108 \text{ кг/час}$.

По аналогии с представленной методикой расчета спроектирована и изготовлена установка для непрерывной отделочно-зачистной обработки на базе винтового агрегата (рис.10).

Техническая характеристика установки:

Производительность – 28 тонн массы деталей в час.

Режим работы – непрерывным потоком.

Размеры обрабатываемых деталей, мм – минимальный – 30 максимальный – 300

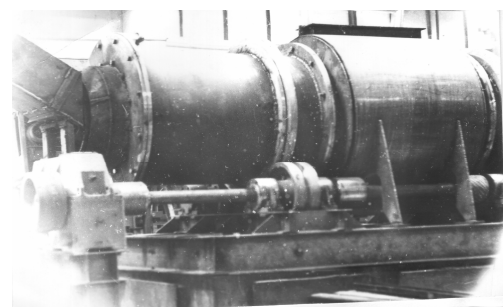


Рис. 10. Установка для непрерывной отделочно-зачистной обработки деталей

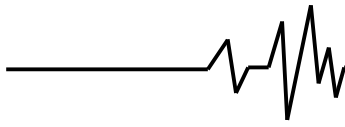
Рабочая среда – ПТ-15 в виде трехгранных призм или металлических шариков, роликов диаметром 10-15 мм.

Масса установки – 10200 кг.

Габаритные размеры – длина 9000 мм, ширина 3200 мм, высота 3000 мм.

Мощность трех насосов – 0,6 кВт с напором 30 кг/м².

Объем воды для моющих (интенсифицирующих) растворов – 6800 л.



Температура нагрева моющих растворов - 50-70°.

На рис. 11 показан в сборе винтовой барабан 5 с расположенным внутри винтовым агрегатом 1 (см. рис.8).

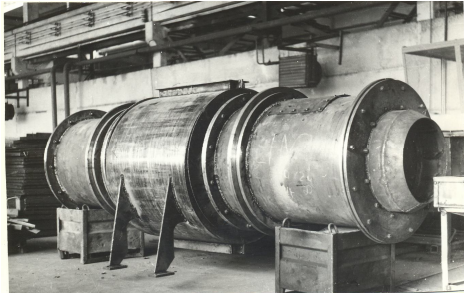


Рис. 11. Барабан установки для непрерывной отделочно—зачистной обработки деталей в сборе с винтовым агрегатом

По предложенной методике спроектированы и изготовлены также:

1. Бетоносмеситель (рис.12, рис.13).

Основными преимуществами предлагаемого бетоносмесителя являются выполнение технологического процесса приготовления бетона и раствора во время транспортирования и загрузки инертных материалов, цемента и воды (конвейерный способ), а также повышения прочности бетона за счет интенсификации процесса перемешивания под воздействием низкочастотных колебаний большой амплитуды.

Предлагается сначала осуществлять активацию инертных составляющих путем «сухого» смешивания и транспортирования в горизонтальном направлении, противоположном направлению потоков воды на расстоянии, равном половине технологического пути, затем, после подачи воды, осуществляют поворот движения бетонной смеси на 180° и смешивание компонентов с транспортировкой их в направлении, совпадающем с направлением подачи воды. Для реализации способа предлагается бетоносмеситель (рис.12 и рис.13), содержащий приемную воронку 1, питатель 2, внутренний винтовой агрегат 3, трубу для подачи воды 4, наружный винтовой агрегат 5, приемный бункер 6, раму 7 с закрепленными на ней приводом 8, передающим вращение от двигателя 9 посредством ременной передачи 10, редуктора, шестерни, венцового колеса 11, в котором жестко смонтирован наружный агрегат 5. На раме 7 закреплены опорные катки 12, на

которых покоится опорное кольцо 13, которое также жестко скреплено с наружным агрегатом 5, в котором жестко коаксиально закреплен внутренний винтовой агрегат 3, он скреплен с наружным агрегатом 5 с помощью спиц 14 и 15. От радиального перемещения агрегат 5 предохраняют два опорных ролика (на рис.12 и рис.13 не показаны). Наружный агрегат 5 выполнен в виде многозаходной пустотелой конической колонны с винтовыми линиями переменного шага и собран из равносторонних и равнобедренных треугольников, друг с другом поочередно соединенных своими боковыми сторонами (рис. 26). Такое конструктивное оформление обеспечивает не только интенсивное смешивание частиц сыпучих материалов расположенными под углом друг к другу и к продольной оси вращения наружного агрегата треугольников, но за счет естественного уклона конуса наружного агрегата создает условия для перемещения бетонной смеси вдоль горизонтальной оси. Так как приемник 2 закреплен жестко с внутренним винтовым агрегатом 3 и получает от него вращение, то отпадает необходимость в специальном приводе для питателя 2, что упрощает конструкцию устройства в целом и снижает энергозатраты.

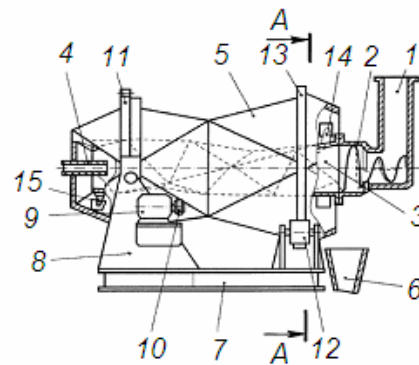


Рис. 12. Бетоносмеситель (вид спереди)

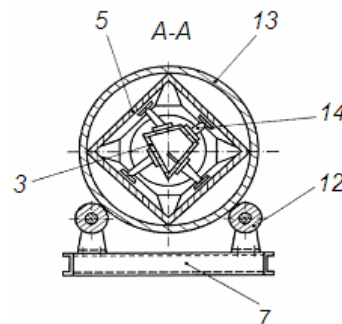
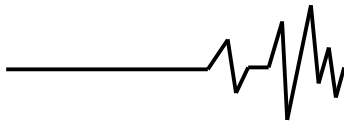


Рис. 13. Бетоносмеситель (разрез А-А на рис.12)



Бетономеситель работает следующим образом. Цемент и инертные (гравий с песком), непрерывным потоком загружаются в приемную воронку 1, из которой с помощью питателя 2 поступают в полость внутреннего винтового агрегата 3. Он транспортирует цемент и инертные (песок и гравий) навстречу поступающему в полость винтового агрегата 3 потоку воды, подаваемой трубой 4. В процессе транспортирования компонентов бетонной смеси в винтовой агрегат 3, под воздействием колебательного движения масс загрузки с большой амплитудой колебаний (450 – 500 мм) происходит активация сухих компонентов и цемента, разрушение их крупных фракций, интенсивное перемешивание частиц цемента в объемах инертных материалов, а также их равномерное распределение между частицами гравия, причем качество смешивания сухих компонентов значительно выше, так как процесс смешивания производится до начала процесса затворения водой. Сухая бетонная смесь транспортируется навстречу потоку воды, затем смачивается водой и в полужидком состоянии поступает из внутренней полости винтового агрегата 3 во внутреннюю полость наружного агрегата 5, в котором происходит окончательное перемешивание и вывод готового бетона в приемный бункер 6. Выполнение наружного агрегата 5 и внутреннего агрегата 3 с взаимонаправленными винтовыми линиями различного шага, обеспечивает интенсивное перемешивание цемента и инертных составляющих, а также измельчение.

Кроме того, выполнения устройства коаксиальным обеспечивает уменьшение габаритов бетономесителя вдвое.

Результаты исследований прочности бетона, изготовленного по существующей заводской технологии с прочностью бетона, изготовленного по предлагаемой технологии, показали значительное повышение качества бетона.

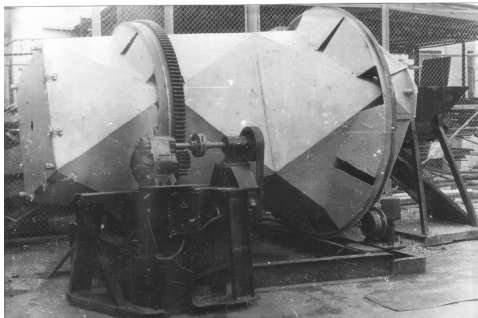


Рис. 14. Бетономеситель (вид спереди)

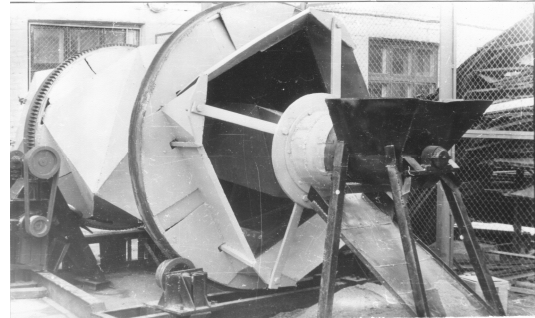


Рис. 15. Бетономеситель
(вид со стороны загрузки)

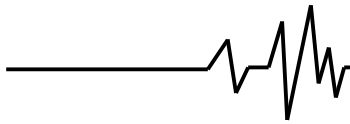
На рис.14 и рис.15 представлен бетономеситель с следующими техническими характеристиками:

Производительность, т/ч.....	40
Мощность электродвигателя, кВт.....	7
Габариты, мм.....	3800 x 2200 x 2600
Масса, кг.....	3000

2. Устройство для сепарации сыпучих материалов.

Устройство для сепарации (рис. 16, рис. 17) состоит из загрузочного устройства 1, закрепленного на торцевой щеке 2, и разгрузочного устройства 3, между которыми жестко закреплена просеивающая поверхность 4. К торцевой щеке 2 прикреплено опорное кольцо 5, которое опирается на два опорных ролика 6. Опорные ролики 6 смонтированы на раме 7. Разгрузочное приспособление 3 состоит из щеки 8 и диска 9, соединенных друг с другом стержнями 10. Диск 9 закреплен на валу 11 привода 12, который смонтирован на раме 13. Загрузочное приспособление 1 выполнено в виде жестко закрепленной в обечайке 14, снабженной конусом 15 винтовой навивки 16 длиной 1,25 витка. Просеивающая поверхность 4 состоит из каркаса 17 и сит 18, которые закреплены на каркасе 17 быстросъемными зажимами (на рисунках не показаны). Сита 18 в виде отдельных плоских треугольников закреплены на каркасе 17 по периметру, создавая, таким образом, винтовую пустотелую колонну, выполненную из секций, соединенных между собой в винтовой агрегат (рис.1е), тетраэдральные пустоты которого собраны из равносторонних треугольников-сит.

По длине винтового агрегата- винтового решета, снабженного просеивающей поверхностью 4 у загрузочного устройства 1 по длине L_1 смонтированы для прохождения мелких фракций частиц сыпучих материалов сита с размером сит 3-4 мм, размеры ячеек которых меньше минимального размера



сыпучих материалов, например, расположены над приемным бункером 19.

На остальной части винтового решета - просеивающей поверхности 4 по длине L_2 над бункером 20 для более крупных фракций частиц сыпучих материалов смонтированы сита с размерами ячеек 8-10 мм.

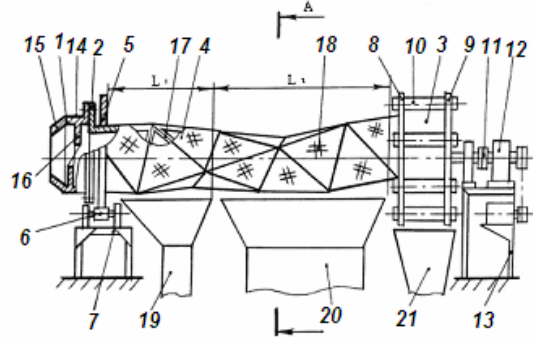


Рис. 16. Схема установки для сепарации сыпучих материалов, вид спереди

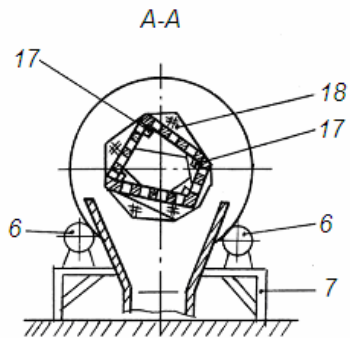


Рис. 17. Схема установки для сепарации сыпучих материалов, разрез по А-А на рис. 16

Под разгрузочным устройством 3 смонтирован бункер 21 приема крупных фракций сыпучего материала.

Устройство для сепарации сыпучих материалов работает следующим образом.

Сыпучий материал поступает в загрузочное устройство 1, в котором с помощью навивки 16 подается внутрь винтового решета 4. В разрезе, как видно на рис. 17, просеивающая поверхность имеет форму неправильного четырехугольника, причем одна из четырех, лежащих в сечении поверхностей сит, наклонена против направления движения сыпучих материалов от загрузки к выгрузке. Поэтому, эта поверхность, при попадании на нее частиц сыпучих материалов из загрузочного устройства 1 возвращает их назад. Винтовая навивка 16 должна не только подавать внутрь винтового агрегата 4 частицы сыпучего материала, но и

препятствовать их возврату в приемное устройство. Перемещаясь внутри винтового решета 4 и совершая сложное пространственное движение, частицы сыпучих материалов движутся от места загрузки к месту выгрузки.

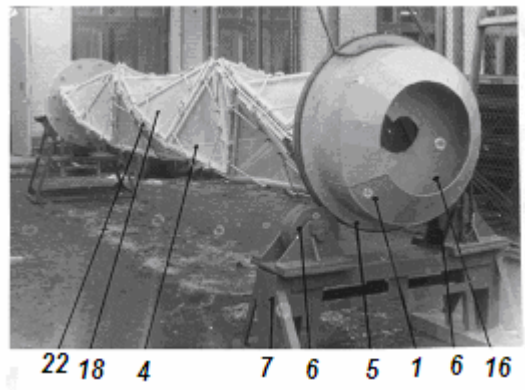


Рис. 18. Установка для сепарации сыпучих материалов, вид со стороны загрузочного устройства

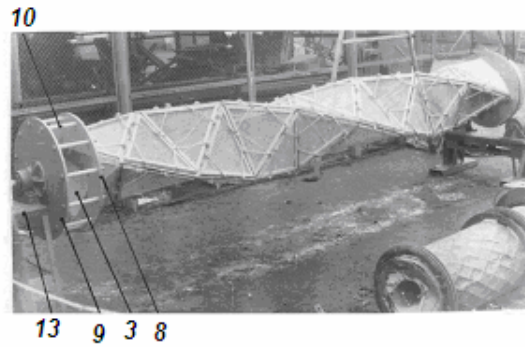
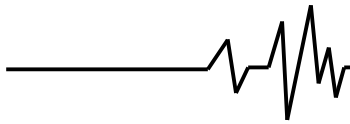


Рис. 19. Установка для очистки семян, вид со стороны разгрузочного устройства

При этом движение по длине L_1 барабана 4 в приемный бункер 19 удаляются мелкие фракции, затем по длине L_2 более крупные фракции, которые выводятся в приемный бункер 20, а самые крупные через разгрузочное устройство 3 выводятся в приемный бункер 21.

На рис. 18 и рис.19 показана установка сепарации сыпучих материалов, включающая загрузочное устройство 1 с винтовой навивкой 16, кольцо 5, опирающееся на два ролика 6, смонтированных на раме 7, просеивающая поверхность 4 с ситами 18, которые закреплены зажимами 22 на каркасе 17. На рис. 19 видны разгрузочное устройство 3, состоящее из щеки 8 и диска 9, соединенных между собой стержнями 10. Диск 9 закреплен на валу привода, который смонтирован на раме 13.



Техническая характеристика:
Производительность, кг/час.....30000
Установленная мощность, кВт.....5,5
Габаритные размеры, мм.....9000×1700×1600
Масса, кг.....2300.

4. Установка для смешивания компонентов кормов.

Установка для смешивания компонентов кормов с непрерывной загрузкой (рис.20, рис.21) состоит из корпуса в виде станины 1, на которой крепятся четыре опорных ролика 2. На четырех опорных роликах 2 установлен с помощью опорных колец 3 коаксиально винтовой агрегат 4.

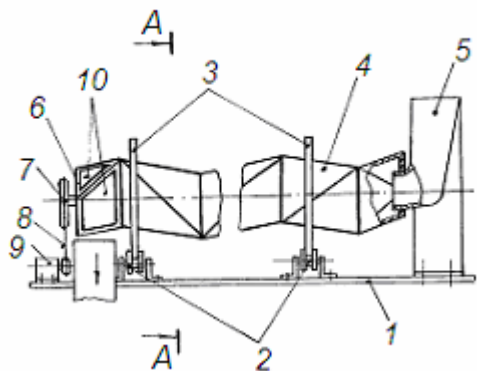


Рис. 20. Установка для смешивания компонентов кормов их непрерывной загрузкой, вид с боку.

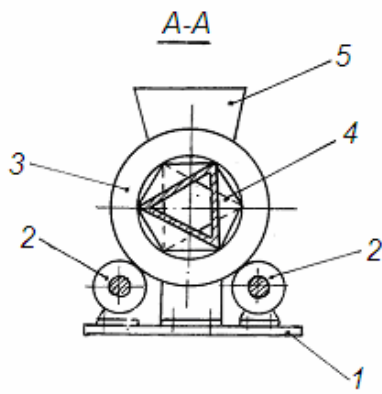
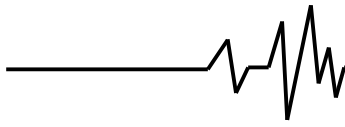


Рис. 21. Установка для смешивания компонентов кормов с их непрерывной загрузкой, разрез А – А на рисунке 20

Винтовой агрегат смонтирован из равносторонних треугольников. Такое конструктивное оформление винтового агрегата обеспечивает интенсивное смешивание компонентов кормов. Установка снабжена загрузочным устройством 5, с помощью которого компоненты кормов непрерывным потоком загружаются внутрь винтового агрегата 4. Винтовой агрегат 4 снабжен закрепленной жестко на торцевой

стенке 6 винтового агрегата 4 звездочкой 7, которая получает вращение посредством цепной передачи 8 вращение от электродвигателя 9. По мере перемещения компонентов кормов и их смешивания посредством окон 10 готовая смесь компонентов кормов выгружается на транспортер 11, который выводит их за пределы установки. Скорость перемещения компонентов кормов от загрузки к выгрузке регулируется наклоном винтового агрегата относительно горизонта. Установка работает следующим образом.

Компоненты кормов непрерывным потоком загружаются через загрузочное устройство 5, внутрь винтового агрегата 4, вращающегося посредством цепной передачи 7 от электродвигателя 9. Винтовой агрегат 4 транспортирует компоненты кормов от загрузки к выгрузке, при этом в процессе транспортирования частицы компонентов кормов осуществляют движение с большой амплитудой колебаний (450-500 мм). При этом обеспечивается активное смешивание частиц компонентов друг с другом и равномерное их распределение между собой. При вращении винтового агрегата 4 плоские элементы октаэдров -равносторонние треугольники, смонтированные по периметру винтового агрегата разнонаклонными к его оси и друг к другу, работая как ковши (полки) захватывают различные по объему частицы компонентов кормов, поднимают их по направлению вращения винтового агрегата несколько выше угла естественного откоса, а затем направляют эти порции компонентов кормов в направлениях, перпендикулярных этим полкам (ковшам), под некоторым углом не только к оси вращения винтового агрегата, но и к другим потокам масс компонентов кормов, движущихся внутри винтового агрегата под другими углами и с другими скоростями. Длина траектории движения (амплитуда) масс компонентов кормов в значительной степени зависит от диаметра винтового агрегата, углов наклона плоских элементов друг к другу и к оси вращения. Частота движения и соударений масс компонентов кормов определяется не только частотой вращения винтового агрегата, но и количеством плоских элементов по его периметру. Поэтому, в предлагаемой установке для смешивания компонентов кормов обеспечивается повышение частотных характеристик в несколько раз, расширяются технологические возможности. Поскольку по длине винтового агрегата от загрузки к выгрузке многократно меняются форма и размеры поперечного сечения - от



треугольника до шестиугольника, то обеспечивается периодическое поджатие движущихся внутри масс компонентов кормов по всей длине винтового агрегата 4. Готовая смесь компонентов кормов выгружается непрерывным потоком через окна 10 на транспортер, который и выводит их за пределы установки для смешивания компонентов кормов непрерывным потоком.

На рис.22 представлена установка для смешивания компонентов кормов.

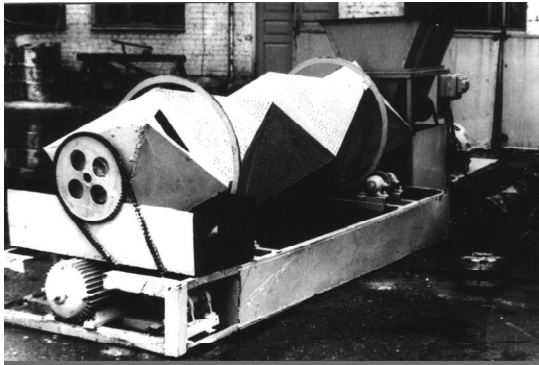


Рис. 22. Установки для смешивания компонентов кормов

Техническая характеристика установки для смешивания компонентов кормов:

Производительность, м ³ /час.....	200.
Размер полости винтового агрегата, мм: диаметр.....	750
длина.....	4000
Частота вращения винтового агрегата, об./мин.....	65
Мощность электродвигателей, квт.....	2.2
Габаритные размеры, мм.....	4300 x 1100 x 1400
Масса, кг.....	450

Выводы

1. Вскрыто противоречие между способом технологического воздействия и способом осуществления технологического транспорта в существующих процессах. Показана возможность устранения этого противоречия за счет применения принципиально нового технологического оборудования на базе агрегатов с дискретно расположенными по периметру разнонаправленными по отношению к винтовым или ломаным линиям плоскими элементами. Такие агрегаты названы нами **ВИНТОВЫМИ АГРЕГАТАМИ**.

2. Показана возможность повысить производительность вибрационных машин. Ранее она ограничивалась величиной амплитуды колебаний создаваемых в

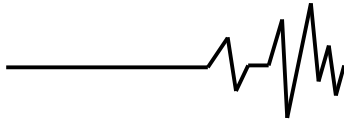
вибрационных машинах вибровозбудителями известных конструкций. В предлагаемых конструкциях вибрационных машин вибровозбудители, как таковые, отсутствуют, необходимость в них отпала, поскольку движение частиц масс загрузки обеспечивают оригинальные конструкции контейнеров - винтовых агрегатов, совершающих лишь вращательное движение вокруг собственной оси.

3. Предложены двадцать три схемы построения винтовых агрегатов в зависимости от основных параметров разнонаправленных винтовых поверхностей: шага, количество заходов, количества и расположения дискретно смонтированных плоских элементов. Комбинирование величины и направления винтовых параметров в сочетании с геометрическими параметрами плоских элементов позволяет управлять сложно пространственным движением частиц масс загрузки, т.е. увеличивать или уменьшать транспортный или технологический эффект.

4. Получены зависимости для определения основных параметров винтовых агрегатов и предложена методика их расчета.

5. Для осуществления процесса обработки геометрия рабочей камеры - внутренней полости винтового агрегата и ее динамика должны быть своеобразны: форма, пространственная ориентация, воздействие сил, обеспечивающих частицам масс загрузки одновременно вращательно-поступательное и колебательное движение. В результате этого непрерывно движущиеся через внутреннюю полость винтового агрегата частицы масс загрузки осуществляют внутри винтового агрегата поступательно-вращательное движение с наложенными колебаниями, в результате чего частицы масс загрузки интенсивно перемешиваются.

6. Возмущающие силы постоянно влияют на основную форму пространственной траектории частиц сыпучих масс, вызывая дополнительные ускорения, как в продольном, так и в поперечном движениях и движении относительно стенок винтового агрегата. Дополнительно они вызывают зоны разрежения и сжатия (от распространения волн) частиц масс загрузки, которые вызывают их соударения (наложенный колебательный процесс на основе вращательного движения). В результате возникновения зон при взаимодействии с составляющими вращательных движений, происходят дополнительные вращения, обуславливающие перемешивание частиц масс загрузки, их «разрыхление». Степень разрыхления зависит



от расположения частиц относительно источника колебаний, например, от близости расположения движущейся стенки винтового агрегата относительно движущихся частиц масс загрузки, и профиля стенок винтового агрегата (конфигурация стенок может, в принципе, отражать волны в зависимости от ее профиля).

7. За счет определенной подачи масс загрузки на вход винтового агрегата и наличия винтовых поверхностей направленных от загрузки к выгрузке обеспечивается выход масс загрузки за пределы внутренней полости винтового агрегата, поэтому давление в нем носит неравномерный характер.

8. В винтовом агрегате образуются различные плотности давлений.

9. Скорости движения частиц масс загрузки носят неравномерный характер, при этом соударения частиц масс загрузки друг с другом, с одной стороны, имеют волновой характер, а с другой - стохастический.

10. Анализ процессов в винтовых агрегатах показал, что в диапазоне частот вращения агрегата от 0 до 20 об/мин производительность технологических процессов незначительна, а свыше 70 об/мин происходит ее резкое снижение.

11. Получены уравнения, удобные для инженерных расчетов при проектировании

вибрационного оборудования работающего с использованием больших амплитуд движения частиц масс загрузки.

Литература

1. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л.Н. Кошкин – М.: машиностроение, 1986.-319с.

2. Серга Г.В., Резниченко С.М., Цыбулевский В.В., Белокур К.А. Оптимизация параметров рабочих органов машин.- Краснодар, ФГОУ ВПО, 2009.-279с.

3. А.с. №1414584 МКИ В 24В31/02 Установка для абразивной обработки деталей / Г.В. Серга; Опубл. 07.08.88, Бюл. №29.

4. Отделочно - зачистная обработка деталей в винтовых роторах / Г.В. Серга - дис. докт. техн. наук. Тула, 1988

5. Повышение эффективности и расширение технологических возможностей процесса обработки деталей в винтовых роторах / А.Н. Иванов - дис. канд. техн. наук, Ростов-на-Дону, 2002.

6. Марченко А.Ю. Ресурсосберегающая технология смешивания компонентов кормов в винтовых барабанах / А.Ю. Марченко, Г.В. Серга // Вібрації в техніці та технологіях.-2009-№2 (54).-С.91-101.