

РАБОТА НАГРЕБАНИИ

В.С.БЕРСЕНЕВ, В.И.МОРОЗОВ

В качестве исходного положения работы гребково-роторного исполнительного органа примем схему его работы без подъема оси ротора. Считаем, что работа силы тяжести ротора целиком используется на работу внедрения гребков в штабель. Траектория зуба гребка в этом случае представляет собой окружность.

Для упрощения анализа рассмотрим работу ротора с одним рядом гребков (см. рисунок). Гребок BA_0 находится в контакте с материалом на угле поворота гребка от начального контакта со штабелем в точке 1 до выхода гребка из материала на приемной плите в точке 6.

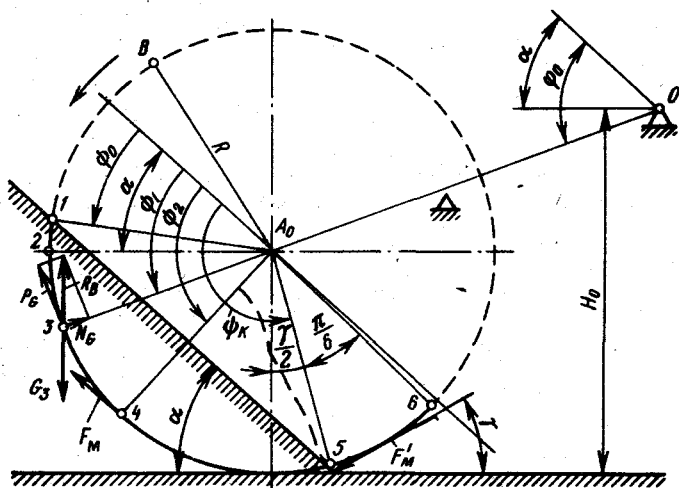


Схема взаимодействия гребково-роторного исполнительного органа со штабелем

Работа, затраченная гребками на одно нагревание,

$$A_H = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (1)$$

где $A_1 - A_4$ — работа гребка соответственно на внедрение его в штабель; на преодоление сил трения гребка о материал; на перемещение материала до приемной плиты и по приемной плите.

Работа внедрения A_1 затрачивается от начала контакта гребка со штабелем в точке 1 при начальном угле контакта гребка ϕ_0 до максимального заглубления гребков в штабель в точке 4 с углом поворота гребка до $\phi_2 = \pi/2$. Работа гребков на участке внедрения сводится к сжатию и выдавливанию материала гребками под действием сил тяжести ротора. На этом участке на гребок по касательной к окружности действует сила

$$P_g = R_B \cos(\phi - \alpha), \quad (2)$$

где R_B — опорная реакция на зубе гребка, численно равная приведенной к зубу гребка силе тяжести ротора G_3 , разложенная на составляющие P_g и N_g ; ϕ — угол наклона гребка к поверхности откоса штабеля (за начало отсчета этого угла принята линия, параллельная откосу штабеля, проходящая через ось ротора A_0); α — угол откоса штабеля.

Тогда момент сопротивления на валу ротора от усилия внедрения

$$M_1 = P_g R = G_3 R \cos(\phi - \alpha), \quad (3)$$

где $R = BA_0$ — радиус ротора.

Отсюда работа на внедрение гребка и на начальную деформацию штабеля при внедрении гребка

$$A_1 = \int_{\phi_0}^{\phi_2} M_1 d\phi = G_3 R \int_{\phi_0}^{\pi/2} \cos(\phi - \alpha) d\phi = G_3 R \sin(\phi - \alpha) \Big|_{\phi_0}^{\pi/2}. \quad (4)$$

Работа на преодоление сил трения гребка о штабель A_2 затрачивается на угле поворота гребка от точки 4 до точки 5, т.е. до подхода гребка к приемной плите, с изменением угла наклона гребка от $\phi_2 = \pi/2$ до ϕ_k . На этом участке действует сила трения гребка о материал штабеля

$$F_T = N_g f_T = G_3 f_T \sin(\phi - \alpha), \quad (5)$$

создающая момент сопротивлений на валу ротора

$$M_2 = F_T R = G_3 f_T R \sin(\phi - \alpha), \quad (6)$$

где N_g — величина нормального к траектории зуба гребка давления от приведенной к зубу гребка силы тяжести ротора G_3 ; f_T — коэффициент трения гребка по материалу штабеля.

Работа на трении гребка о материал

$$A_2 = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_k} M_2 d\phi = G_3 f_T R \int_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_k} \sin(\phi - \alpha) d\phi = -G_3 f_T R \cos(\phi - \alpha) \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_k} \quad (7)$$

Работа на перемещение захваченного гребками материала A_3 начинается затрачиваться после максимального заглубления гребка в штабель в точке 4. С этой точки начинается постепенный выход гребка из штабеля. Перемещаемый гребками материал начиная с точки 4 будем считать жестким недеформируемым телом, перемещаемым гребками в "застывшей" форме.

Если принять нормальное давление перемещаемого материала на дуге окружности от точки 4 до точки 5 равномерным, то сила трения перемещаемого материала о штабель

$$F_M = q_M f_M, \quad (8)$$

где q_M — сила тяжести перемещаемого материала, Н; f_M — коэффициент трения материала по материалу.

Сила тяжести массы перемещаемого материала

$$q_M = V_M \gamma g = S B_\phi \gamma g, \quad (9)$$

где V_M — объем материала, захваченного гребками из штабеля за одно нагребание, m^3 ; γ — насыпная плотность погружаемого материала, kg/m^3 ; g — ускорение силы тяжести; S — площадь сегмента, ограниченная траекторией зуба гребка в штабеле и линией откоса штабеля, m^2 ; B_ϕ — ширина фронта гребков, м.

Момент на валу ротора от силы трения перемещаемого материала

$$M_3 = F_M R = q_M f_M R. \quad (10)$$

Работа на перемещение материала до приемной плиты (от точки 4 до точки 5)

$$A_3 = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_k} M_3 d\phi = q_M f_M R \phi \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_k} \quad (11)$$

Сила сопротивления перемещению материала на приемной плите

$$F'_M = q_M (f'_M \cos \gamma + \sin \gamma), \quad (12)$$

где f'_M — коэффициент трения материала по приемной плите; γ — угол наклона приемной плиты, град.

Момент сопротивления на валу ротора от перемещаемого по приемной плите материала

$$M_4 = R F'_M = R q_M (f'_M \cos \gamma + \sin \gamma). \quad (13)$$

Работа на перемещение материала по приемной плите от точки 5 до точки 6, в которой материал передается на приемный конвейер,

$$A_4 = \int_{\Phi_R}^{\Phi_R + \frac{\pi}{8}} M_4 d\phi = R q_M (f'_M \cos \gamma + \sin \gamma) \phi \Big|_0^{\frac{\pi}{8}}. \quad (14)$$

Кроме рассмотренных сопротивлений на гребок может действовать сила отпора штабеля от точки 1 до точки 3, т.е. от начальной точки контакта гребка со штабелем при угле поворота гребка от Φ_0 до $\Phi_1 = \Phi_0$, когда рама ротора A_0O и гребок BA_0 будут представлять собой одну прямую линию (Φ_0 — угол наклона рамы ротора A_0O к поверхности откоса штабеля). Сопротивления от силы отпора штабеля, значение которой в пределе может быть равно усилию подачи машины на штабель, при рациональном размещении шарнира O ($H_0 \leq R$) можно не учитывать, тем более что начиная с точки 2 момент на валу ротора от силы отпора штабеля действует в направлении движущего момента.

Общая работа нагребания, как сумма работ, определяемых выражениями (4), (7), (11) и (14),

$$A_H = \sum_{n=1}^{n=4} A_n = q_g R \left[\sin(\phi - \alpha) \Big|_{\Phi_0}^{\frac{\pi}{2}} - f_r \cos(\phi - \alpha) \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\Phi_R} \right] + q_M R \left[f_M \phi \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\Phi_R} + (f'_M \cos \gamma + \sin \gamma) \phi \Big|_0^{\frac{\pi}{8}} \right]. \quad (15)$$

Расчеты работы нагребания, проведенные по предлагаемой методике, дают следующие средние значения составных частей общей работы нагребания A_H , принятой за сто процентов: $A_1 = 47\%$, $A_2 = 30\%$, $A_3 + A_4 = 23\%$.

Значения работы нагребания по формуле (15) превышали значения, полученные при осциллографировании процесса погрузки на экспериментальном стенде, на 5-15%. Такая сходимость расчетных и экспериментальных данных свидетельствует о пригодности предлагаемой методики для практических расчетов при определении параметров гребково-роторного исполнительного органа.