ВЛИЯНИЕ ЗАБОРНОЙ ЧАСТИ НА ТРАНСПОРТИРОВКУ ЖИДКОСТЕЙ ИЗ ЕМКОСТЕЙ

Исаев Ю.М., Губейдуллин Х.Х., Гришин О.П, Аксенова Н.Н.
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
Ульяновск, Россия
isurmi@yandex.ru

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны, испытаны пружинно-насосные устройства для перекачки жидких и полужидких с материалов, в частности нефтепродуктов. Для выкачки жидкостей из фляг, бочек жидкость захватывается витками пружины и по кожуху перемещается к сливному патрубку.

Для транспортировки высоковязких жидкости из емкостей традиционными способами возникают определенные трудности. В этом случае могут быть использованы: двигатель на 0,2 кВт, кожух полиэтиленовый (нержавеющие материалы) диаметром 38 мм, проволока диаметром 3…4 мм, частота вращения 1500 мин$^{-1}$.

Пружина средним радиусом r вращается с угловой скоростью w и движется вдоль трубы с линейной скоростью $u = sw/(2p)$. Диаметр проволоки пружины обозначим d, ход винта - s,плотность жидкости - r ,ее кинематическая вязкость - h .

Сила, действующая на жидкость со стороны одного витка проволочного винта, равна лобовому сопротивлению обтекающего его потока и вызывается разностью давлений по обе стороны потока и напряжениями трения: $P = cFu_0^2 r/2$, где c - коэффициент лобового сопротивления, F - площадь проекции витка на плоскость поперечную движению, u_0 - относительная скорость набегающего потока. Перепад давления по потоку, обтекающего виток проволоки, определяется по формуле: $\Delta p = xru_0^2/2$, в которую подставляется скорость смеси u_0, и коэффициент сопротивления x .

В случае подъема жидкости и движения проволочного винта в канале скорость перемещения жидкости относительно пружины $u_0 = u - u$ где u - линейная осевая скорость движения проволочного винта, а v - осевая скорость жидкости относительно канала. Запишем уравнение Бернулли данного движения для объема, соответствующего шагу s винта вдоль оси z ,

$$ru^2/2 = \Delta p - rgs - h_w \tag{1}$$

где h_w — потери напора в трубопроводе на данном участке.

Принимая во внимание, что шаг винта пружины равен -20...60 мм, то на такой длине потери напора в уравнении (4) можно не учитывать. Тогда, подставив значение перепада давления из-за движения пружины из формулы:

$$\Delta p = xru_0^2/2 = xr\left(u - u\right)^2/2, \tag{2}$$

в уравнение (4), получим уравнение для определения осевой скорости жидкости

$$ru^2/2 = xr\left(u - u\right)^2/2 - rgs \tag{3}$$

Далее, решая это квадратное уравнение, получаем значение скорости движения жидкости по трубопроводу:

$$u = \frac{x \quad u \pm \sqrt{x \quad u^2 + 2gs(x-1)}}{\left(x-1\right)}, \qquad \text{при } x \neq 1. \tag{4}$$

Знак выбирается из физических условий, чтобы скорость движения была положительной.

В случае, когда коэффициент сопротивления $x = 1$ из уравнения (4) следует решение: $u = u/2 - gS/u$.

Критическая скорость $u_* = \sqrt{2gs}$ при v =0.

Экспериментами установлено, что подача (производительность) барды влажностью 90,16 %, плотностью ρ = 907 кг/м^3, вязкостью v=28,896 мм^2 /с температуры 20°С пружинным насосом d = S = 35 мм, δ = 3 мм, высоты подъема Н = 1,3 м, $D_к$ = 40 мм составляет W = 975,5 кг/ч, N = 0,307 кВт. При этом, коэффициент осевого отставания материала k_v.= v / u = 0,495, зависимости которого от частоты вращения показана на рис. 1. Зависимости производительности W и N от частоты вращения пружины n приведены в таблице.

n, мин$^{-1}$	W, кг/ч	$u_{гп}$, м/с	$u_{гтр}$, м/с	K_v	N, Вт	$N_{уд}$, Вт/кг/ч
1560	215,6	0,91	0,298	0,327	160	0,742
2590	824,4	1,51	0,718	0,475	225	0,275
2940	975,5	1,715	0,848	0,495	300	0,307
3400	1245,9	1,98	0,933	0,47	390	0,310
4220	1833,0	2,46	1,167	0,47	510	0,278
4970	2025,0	2,899	1,474	0,508	600	0,292
5350	2180,0	3,12	1,75	0,56	690	0,316
6110	2617,2	3,564	2,0	0,56	1032	0,394

Анализ таблицы показывает, заборная способность примерно идентичны. Коэффициент осевого отставания колеблется в пределах k_v=0,327...0,56, при этом осевая скорость материала в большей степени отстаёт при n=1000...2000 мин$^{-1}$. Наименьшие удельные энергозатраты достигаются при частоте вращения пружины n=2500...4000 мин$^{-1}$.При частоте вращения пружины менее 1000 мин$^{-1}$ жидкость в вертикальном положении не подаётся.

Увеличение вязкости до 28,896 сСт ведёт к уменьшению степени осевого отставания материала от осевой скорости винтовой поверхности пружины, что вдвое превышает k_v при μ=3,744 сСт. Однако это не ведёт к заметному увеличению производительности перекачки, но наблюдается тенденция к началу забора жидкости при более низких частотах вращения пружины. Полученная теоретическая зависимость (4) позволяет, к тому же по значению критической частоты вращения (скорости пружины), при которой начинается подъем жидкости, определить истинное значение коэффициента x . Коэффициент осевого отставания материала $k_v = u/u$ можно определить из формулы (4):

$$k_u = \frac{x - \sqrt{x + 2gs(x-1)/u^2}}{(x-1)}, \quad \text{и при } u \to \infty; \quad k_u = \frac{x - \sqrt{x}}{(x-1)}, \tag{5}$$

Для сравнения полученной теоретической зависимости по формуле (6) с результатами экспериментальных исследований проведен расчет коэффициента осевого отставания материала k_v.= v / u. Для цилиндрической трубы с

внутренним диаметром D=40 мм, диаметром пружины d_n =35 мм и диаметром проволоки δ =3 мм коэффициент x равен 1,3.

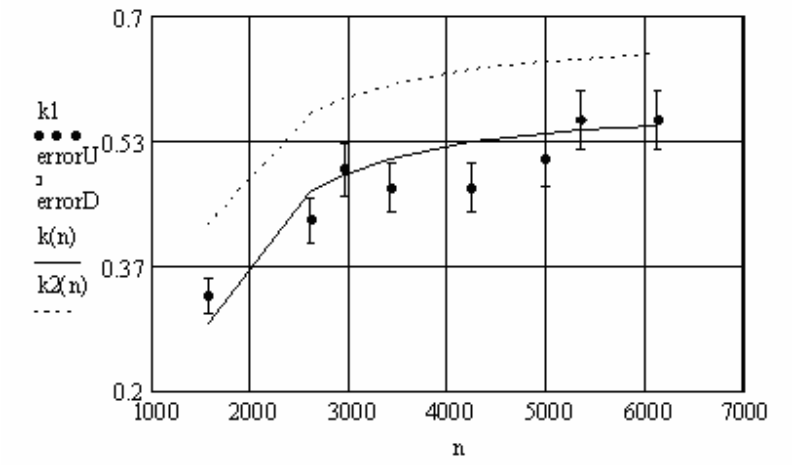

Рис. 1. Зависимость коэффициента осевого отставания материала $k_v = v / u$ от частоты вращения пружины при s=35 мм.

Обозначения: k(n) – заборная часть с прямоугольными окнами размером 10 x 80 мм, k1 – точками показаны экспериментальные значения; k2(n)– традиционная заборная часть без окон/

Исследования показали, что для жидкости с плотностью r = 907 кг/м^3 теоретическая зависимость $k_u(n)$ удовлетворительно совпадает с результатами эксперимента и подтверждает механизм движения жидкости в сложных условиях вращения пружинного винта в канале и позволяет использовать полученные в работе данные при разработке и конструировании насосов и устройств, для транспортирования различных жидкостей.