

3. Дашков В.Н., Антошук С.А., Захаров В.В. Преимущества вакуумного насоса для доильных установок со сдвоенным, составным рабочим органом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 4. - С.71-73.
4. Пат. 9646 РБ, МПК F 04C 18/00. Пластинчато-роторный вакуумный насос / В.Н. Дашков, В.В. Захаров, (ВУ). - Заявитель Белорусский государственный аграрно-технический университет. - № u20130360; заявл. 23.04.2013; опубл. 22.07.2013. // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности - 2013. - № 2. - С. 35.
5. Руководство по эксплуатации. Насос пластинчато-роторный вакуумный НВУ-2,8. ОАО «Технолит» г. Полоцк 2013г.- 31 с.

УДК 637.116

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИНЧАТО-РОТАЦИОННОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА С НАКЛОННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ПЛАСТИН

Дашков В.Н.¹, д.т.н., профессор, Антошук С.А.², к.т.н., доцент, Захаров В.В.³

¹ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», г. Минск,

²ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный, ³БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Низкий объемный КПД существующих пластинчато-ротационных вакуумных насосов доильных установок в первую очередь обусловлен большими внутренними перетеканиями воздуха. Как свидетельствуют литературные источники, на внутренние перетечки приходится примерно 60 % потерь объемной производительности насоса [1].

Из вышесказанного понятно, что обоснование выбора положения и размеров окон в первую очередь зависит от правильного определения изменения объема рабочей камеры в зависимости от угла поворота ротора.

Существующая методика определения зависимости изменения объема рабочей камеры V_φ и максимальное значение которого определяет теоретическую производительность, от угла поворота ротора φ при значении угла между пластинами β и для ротационных вакуумных насосов с радиальным расположением пластин приводится авторами [1, 2] и имеет вид:

$$V_\varphi = S_\varphi \cdot l = \frac{1}{2} l \int_{\varphi - \frac{\beta}{2}}^{\varphi + \frac{\beta}{2}} \rho^2 d\varphi - r^2 \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

Где S_φ - площадь поперечного сечения камеры, l - длина ротора, ρ - относительный эксцентриситет, r - радиус ротора

Уравнение (1) довольно точно описывает динамику изменения объема камеры для насосов с радиальным расположением пластин, в то же время авторы предлагают пользоваться этой зависимостью для насосов с наклонным размещением пластин, угол наклона ψ которых не превышает 30° . Действительно, для расчетов производительности насоса (скорости действия) эта зависимость может быть применена, потому что отклонение объема составляет не более 5 %.

Как видно из первой части уравнения (1) определяющей величиною при расчетах объема рабочей камеры будет площадь его поперечного сечения S_φ и, поэтому задачей данной работы является разработка достоверной методики расчета зависимости ее изменения от угла поворота ротора для насосов с наклонным размещением пластин.

Решение поставленной задачи иллюстрируется рисунок 1, на котором

показано, что рабочие пластины ориентируются вдоль касательных некоторого круга радиусом r_0 и образуют каждая с соседней прямые углы.

Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Начало системы координат XOY совпадает с точкой пересечения осей двух соседних пластин. При вращении ротора система координат

вращается вместе с пластинами, которые отсекают между поверхностью ротора радиусом r и внутренней поверхностью статора радиусом R объем рабочей камеры. Положение координатной системы при вращении ротора всегда будет определяться углом φ , который образует радиус CD с неподвижным горизонтальным диаметром ротора. Радиус CD всегда перпендикулярен оси OX в точке касания оси до круга радиусом r_0 .

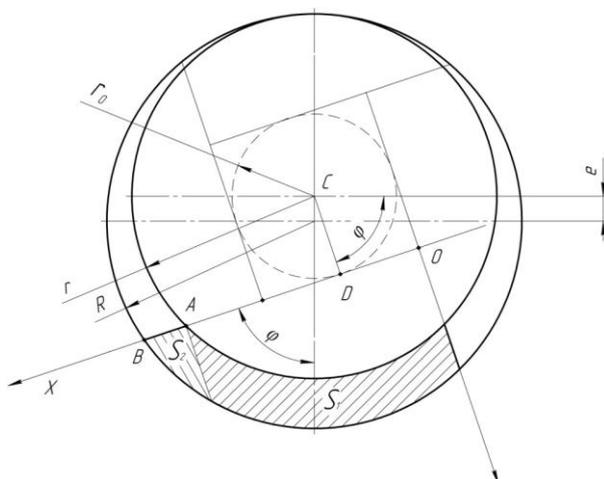


Рисунок 1 - Расчетная схема

Очевидно, что для любого угла уравнение контура сечения ротора неизменно и будет выглядеть:

$$(x - r_0)^2 + (y + r_0)^2 = r^2 \quad (2)$$

Для контура сечения ячейки статора имеем уравнение от угла φ :

$$(x - r_0 - e \cos \varphi)^2 + (x - r_0 - e \sin \varphi)^2 = R^2, \quad (3)$$

где e – эксцентриситет насоса

Координату точки А - характерной точки сечения камеры, точки пересечения круга радиуса r с осью, находим из уравнения (2). Для $y=0$ имеем:

$$x^2 - 2xr_0 - r^2 + 2r_0^2 = 0.$$

Откуда,

$$x_A = \frac{2r_0^2 + \sqrt{2r_0^2 + 4(r^2 - 2r_0^2)}}{2} \quad (4)$$

Точку В находим из уравнения (3), которое для $y=0$ имеет вид:

$$x^2 - 2x(r_0 + e \cos \varphi) + 2r_0^2 + 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) + e^2 - R^2 = 0$$

Откуда

$$x_B = \frac{2(r_0 + e \cos \varphi) + \sqrt{2(r_0 + e \cos \varphi)^2 + 4[R^2 - 2r_0^2 - 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) - e^2]}}{2} \quad (5)$$

Из уравнений (2) и (3) $y = \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} - r_0 = f_1(x)$

$$y = \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \varphi)^2} - r_0 + e \sin \varphi = f_2(x).$$

Часть площади сечения камеры S_1 , для которой $0 \leq x \leq x_A$ (рисунок 1), будем находить

как
$$S_1 = \int_0^{x_A} [f_2(x) - f_1(x)] dx.$$

Другую часть площади сечения камеры S_2 , для которой $x_A \leq x \leq x_B$ (рисунок 1), найдем как:

$$S_2 = \int_{x_A}^{x_B} f_2 dx.$$

Подставим и проинтегрируем площади S_1 и S_2 , сложим и получим сечение площади S_φ . С помощью программного обеспечения MS Excel построена графическая зависимость $S_\varphi = f(\varphi)$ для насоса со следующими геометрическими параметрами: внутренний диаметр корпуса насоса - 200 мм., диаметр ротора насоса - 185,5 мм, эксцентриситет – 14,49мм., зазор между внутренним диаметром корпуса насоса и ротором насоса при вершине будет минимальным 0,01 мм., угол наклона пластин будет 45° [3]. Зависимость S_φ приведена на рисунке 2 штриховой линией, сплошной линией представлена та же зависимость, определенная по формуле (1).

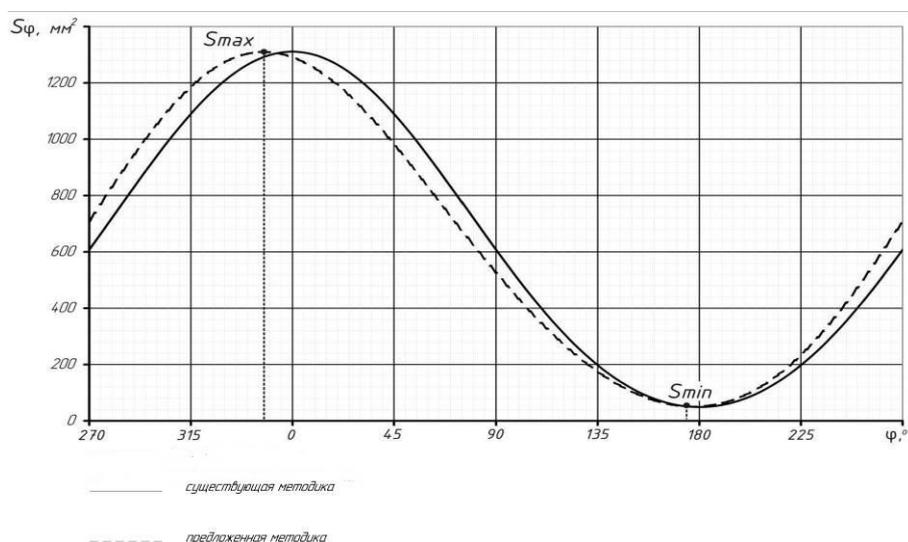


Рисунок 2 - Зависимость площади поперечного сечения рабочей камеры от угла поворота ротора и насоса

Сопоставление кривых показывает, что при использовании фаз распределения воздуха, то максимальное значение S_φ , а значит и объем рабочей камеры наблюдается не в точке, которая отвечает $\varphi = 0$, а в точке которая смещена на $13,4^\circ$ (рисунок 2). Смещение минимального значения S_φ не столь значительно и составляет $2,8^\circ$.

Кроме того, из полученной зависимости видно, что смещение кривых наблюдается практически во всем диапазоне значений угла поворота ротора φ .

Выводом являются предложенное точное решение задачи из расчета площади поперечного сечения рабочей камеры ротационного вакуумного насоса с наклонным расположением пластин в зависимости от угла поворота ротора; получена возможность более точно определять положения всасывающего и нагнетательного окон.

Литература

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
2. Фролов Е.С. Механические вакуумные насосы. - М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
3. Дашков В.Н., Антошук С.А., Захаров В.В. / Обоснование выбора расположения ротора в корпусе пластинчатого вакуумного насоса / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 6.-30-35 с.