

Введение

Наклонные пластины в вакуумных насосах имеют некоторые преимущества перед радиальными [1]. Во-первых, увеличивается ширина пластины, что уменьшает вероятность заклинивания. Во-вторых, повышается срок службы и снижается мощность трения. В настоящее время пазы большинства ротационных вакуумных насосов изготавливают наклонными по отношению к радиусу ротора в сторону вращения на угол $\psi = 8...15^\circ$. Размещение пластин в теле ротора рекомендуется определять лишь из чертежа на стадии проектирования насоса [2].

Цель работы – определить граничные условия наклонных пластин в ротационных вакуумных насосах (оптимизация углов наклона пазов ротора).

Основная часть

С увеличением угла наклона пластин составляющая мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения по цилиндру, от сил инерции уменьшается, в то время как остальные слагаемые увеличиваются незначительно. Это объясняется перераспределением усилий, действующих на цилиндр и в пазах ротора. Следствием увеличения угла наклона пластин является общее снижение мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения в насосе (таблица 19).

Таблица 19 – Изменение мощности насосов

Параметры	$\psi = 0$	$\psi = 1$	Разность
Угол наклона пластин, град.	0	15	15
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин по цилиндру вследствие сил инерции, %	80,4	73,3	-7,1
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в пазах ротора вследствие сил инерции, %	1,7	3,6	+1,9
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин по цилиндру вследствие перепада давления, %	7,1	7,5	+0,4
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в пазах ротора вследствие перепада давления, %	5,3	5,8	+0,5
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках, %	5,5	5,5	0
Общая мощность насоса, %	100	95,7	-4,3

Утверждается, что мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в вакуумном насосе при углах $\psi = 40 \dots 50^\circ$, составляет 20...30 % мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения радиальных пластин [1, 2]. Причем при определении угла наклона пластины вакуумного насоса следует учитывать два обстоятельства [3]. Во-первых, при увеличении угла наклона пластин уменьшаются габариты насоса, и при достаточно большом его значении возможно заклинивание пластин в пазах ротора. Поэтому угол наклона пластин следует максимально увеличивать, обеспечивая отсутствие заклинивания пластин. Очевидно, что заклинивание может иметь место только в том случае, когда при повороте ротора высота пластины уменьшается. Наиболее неблагоприятным с точки зрения возможности заклинивания будет такое положение, при котором пластина имеет наибольший вылет. При дальнейшем повороте ротора высота пластины будет уменьшаться, и она будет входить в паз ротора. Если угол наклона пластины больше допустимого, сопротивление в пазах ротора будет больше, чем сила, заставляющая входить пластину в паз, и насос в лучшем случае остановится, а в худшем – произойдет поломка пластин. Так как инерция ротора значительна, поломка пластин более вероятна. Во-вторых, ширина пластины должна обеспечивать ее максимальный межремонтный ресурс.

Увеличение высоты пластины достигается продлением паза до стенки соседнего паза (рисунок 73). При этом высота пластины определяется из выражения [4]:

$$h_{\max} = AH = BH + AB = r \cdot \cos \psi + r \cdot \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{z},$$

где r – радиус ротора, m ;

ψ – угол наклона пластины, $rad.$;

$\theta = \pi/z$ – угол между соседними пластинами, $rad.$;

z – число пластин.

Угол наклона пластины, соответствующий максимальной длине пластины, определяется из выражения:

$$h_{\max}(\psi)' = -r \cdot \sin \psi + r \cdot \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0,$$

откуда

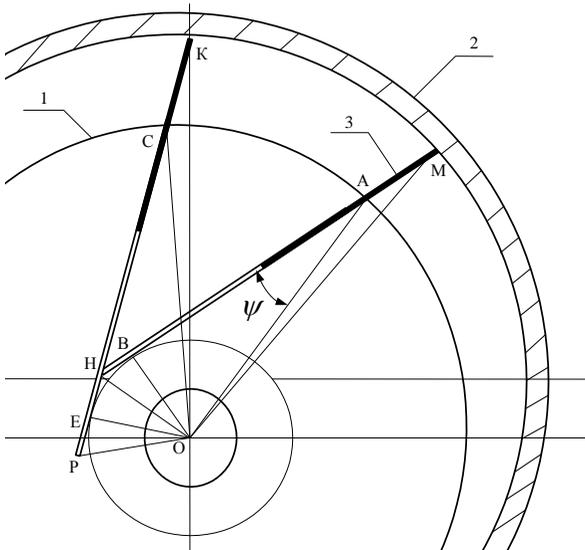
$$\psi = \frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{z}.$$

В этом случае достигается максимальная глубина пазов при заданном числе пластин. Таким образом, паз ротора, имеющий угол наклона $\psi = \theta/2 = \pi/z$, обеспечивает максимальную его глубину.

Однако для насосов с малым числом пластин этот угол может быть предельным $\psi_{пред}$. Расположение пластин под предельным углом не поз-

воляет центробежной силе перемещать пластину в пазу. Очевидно (рисунок 74), что

$$\psi_{пред} + \frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{2}.$$

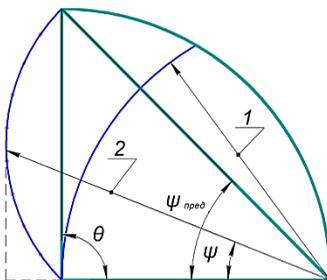


1 – ротор; 2 – корпус; 3 – пластина

Рисунок 73 – Схема определения оптимального расположения паза

Отсюда

$$\psi_{пред} = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi - \theta}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi - \frac{2\pi}{z}}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{z} \right).$$



1 – радиус ротора;
2 – теоретическая
глубина паза

Рисунок 74 – Расчетная
схема угла наклона
пазов ротора

В качестве одного из критериев оптимизации углов наклона пазов выбрана сумма теоретической длины пластины и ее конструктивной длины (рисунок 74).

$$r \cos \psi + r \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + r \cos \psi \rightarrow \max.$$

Производная этой функции дает

$$-2r \sin \psi + r \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0.$$

Отсюда $2 \operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$, или $\psi \approx \frac{\theta}{4}$.

Так как $\theta = \frac{2\pi}{z}$, то $\psi \approx \frac{\pi}{2z}$.

Второй критерий – это проекция теоретической длины пластины на линию радиальной пластины.

$$r \left(\cos \psi + \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \right) \cos \psi \rightarrow \max, \text{ или}$$

$$r \cos^2 \psi + r \sin \psi \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \rightarrow \max.$$

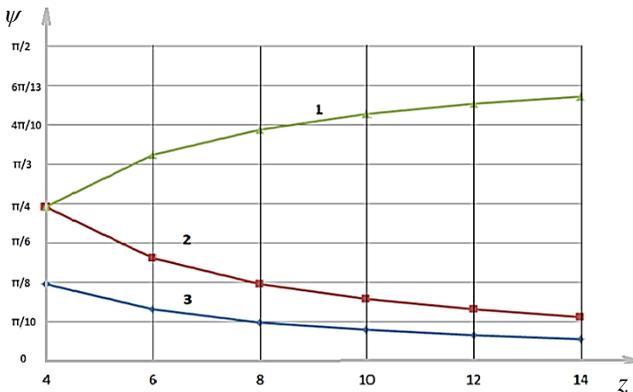
Производная от функции

$$-2r \cos \psi \sin \psi + r \cos 2\psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0, \text{ или}$$

$$-\sin 2\psi + \cos 2\psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0.$$

Отсюда $\operatorname{tg} 2\psi = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$, или $\psi = \frac{\theta}{4} = \frac{\pi}{2z}$.

Таким образом, угол наклона паза $\psi = \pi/(2z)$, обеспечивающий рациональную ширину пластины, обратно пропорционален удвоенному числу пластин (рисунок 75).



1 – предельный угол; 2 – угол максимальной глубины паза; 3 – рациональный угол

Рисунок 75 – Расчетные углы наклона пазов ротора

Выводы

Разработаны аналитические зависимости и уравнения для расчета углов наклона пазов роторов вакуумного насоса, учитывающие число пластин и позволяющие рационально увеличить межремонтный срок службы пластин.

10.07.2014

Литература

1. Ротационные компрессоры / под ред. А.Г. Головинцова. – М.: Машиностроение, 1964. – 315 с.
1. Фролов, Е.С. Механические вакуумные насосы / Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев, Н.К. Никулин, П.И. Пластинин. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.
3. Зеленецкий, С.Б. Ротационные пневматические двигатели / С.Б. Зеленецкий, Е.Д. Рябков, А.Г. Микеров. – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
4. Колончук, М.В. Исследование пластинчатых вакуумных насосов. – Минск: Агропанорама. – 2007. – № 5. – С. 23–28.

УДК 631.67:635

Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**НАЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ
И МЕТОДИКА РАСЧЕТА
СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО
ПОЛИВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР
ОТКРЫТОГО ГРУНТА**

Введение

Повторяющиеся в последнее время засухи, а также неравномерное выпадение осадков на территории Республики Беларусь позволяют получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур только при применении специализированных систем полива. В искусственном орошении, прежде всего, нуждаются овощи, ряд технических культур, картофель, сахарная свекла, травы и культурные пастбища. Основное назначение орошения – поддержание в корнеобитаемом слое почвы оптимального водного режима в течение вегетационного периода. При этом решаются вопросы регулируемых поливов: влагозарядного, предпосевного, вегетативного, подкормочного и освежительного. Так как вода является проводником основных питательных веществ к корневой системе, то ее недостаток сказывается в конечном итоге и на качестве получаемого продукта.

Территорию Беларуси относят к зоне избыточного увлажнения. Однако правильнее относить ее к зоне с неустойчивым режимом естественного увлажнения и тепловой обеспеченности. Такая неустойчивость приводит к значительным колебаниям по годам урожайности