

# МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АПК

## MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

УДК 637.116.4

Подолько Н.М. Заслуженный изобретатель РФ, Уссурийский аграрный техникум, г.Уссурийск  
К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РОТАЦИОННО-ПЛАСТИНЧАТЫХ  
МАШИН

*В статье представлена конструктивная разработка вакуумного насоса с измененными технологическими параметрами, обладающая меньшей энергоемкостью на единицу производительности относительно базовой ротационно-пластинчатой машины.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВАКУУМНЫЙ НАСОС, ЭНЕРГОЁМКОСТЬ, КОНСТРУКЦИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ НАПОЛНЕНИЯ, РАБОЧАЯ КАМЕРА, РОТОР.

**Podolko N.M.,Ussuriysk Agrarian Technical School  
TO THE QUESTION OF DECREASE OF POWER CONSUMPTION OF ROTARY-LAMELLAR MACHINES**

*The question of application in agricultural production of vacuum pumps, their positive sides and shortcomings is considered. Here is offered a scheme of constructive changes of pumps parameters, and decrease in power consumption of the equipment.*

KEYWORDS: VACUUM PUMP, POWER CONSUMPTION, DESIGN, FILLING FACTOR, WORKING CHAMBER, ROTOR.

Основными направлениями экономического и социального развития страны предусматривается дальнейшее совершенствование материально - технической базы сельского хозяйства, увеличение количества и повышение качества поставляемой промышленностью техники.

В технологическом процессе производства продукции животноводства вакуум, как рабочая среда, занимает одно из основополагающих мест. Это пневмотранспортировка

кормов, воды, отходов содержания, продукции животноводства, привод рабочих, исполнительных механизмов доильных аппаратов, доильных установок и т.д.

Рабочей машиной для получения вакуума служат вакуумные насосы.

Наибольшее распространение (применение) в животноводстве получили ротационно-пластинчатые (шиберные) вакуумные насосы, известные под маркой УВА (УВБ), УВД (рис. 1).

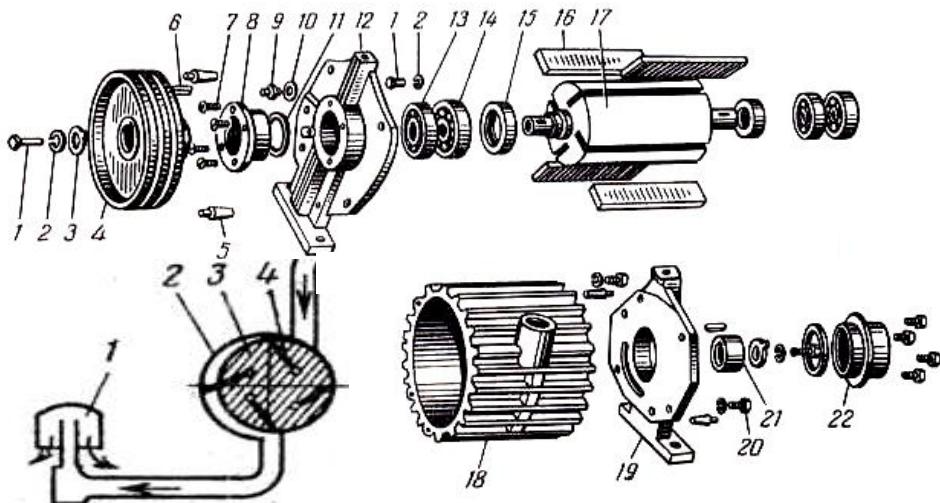


Рис.1 Ротационно-пластинчатый вакуумный насос

Устройство ротационно-пластинчатого вакуумного насоса: Вакуумный насос состоит из корпуса, закрытого с боков боковыми крышками, в которых эксцентрично относительно центра корпуса расположены отверстия с размещенными в них подшипниками. В подшипниках выведен вал ротора, имеющий прорезы под пластины. С противоположных сторон в корпусе выполнены впускное и выпускное отверстия (рис. 2).

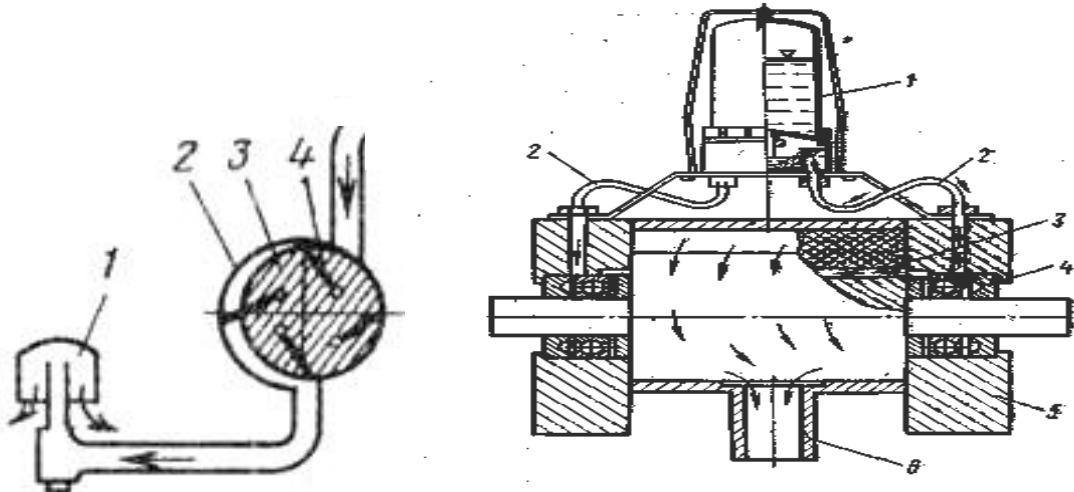


Рис. 2 Схемы устройства и работы ротационно-пластинчатого вакуумного насоса

#### Работа ротационно-пластинчатого насоса

При включении привода насоса, за счет эксцентрично расположенного ротора относительно оси корпуса насоса, пластины поочередно, то углубляются в пазах ротора, то за счет центробежной силы выходят из них, перемещаются к корпусу, скользят по нему, создавая разрежение на стороне всасывания и давление на стороне нагнетания, сжимают засосанный воздух и выталкивают его в атмосферу. Смазка подшипников, торцевых стенок ротора, пластин происходит за счет подвода масла в зону разряжения насоса через сверления выполненных в боковых крышках, соединенных маслопроводами с емкостью, с маслом, закрепленной на его корпусе.

Преимущества этих насосов в том, что они хорошо уравновешены [1], имеют небольшие габаритные размеры и массу, высокую надежность в работе, просты в обслуживании, упрощена схема воздухораспределения, работают плавно, быстроходны.

Недостатки ротационно-пластинчатых насосов.

Низкий механический КПД, относительно высокая энергоемкость на единицу производительности.

Прогнозируемый технический результат заключается в снижении энергоемкости и повышении производительности машины (Мельников С.В., 1969).

Производительность насоса  $Q$  зависит прежде всего от объема камеры всасывания:

$$Q = V_{bc} \cdot Z \cdot W / 2 \cdot \Pi \text{ м}^3/\text{s}$$

$$V_{bc} = \Delta S \cdot L,$$

где  $V_{bc}$  – объем камеры всасывания;

$Z$  – число пластин;

$W$  – угловая скорость;

$\Delta S$  – разность максимальной и минимальной площади;

$L$  – длина корпуса насоса.

то есть  $\Delta S = S_{max} - S_{min}$

Отсюда следует, что  $\Delta S$  может быть равной  $S_{max}$  (рис. 3) только при равенстве  $AO_1DC$ , что возможно только при одинаковом радиусе, то есть  $R_1 = R_2$ . Увеличение радиуса ротора  $R_1$  вызовет уменьшение  $S_{max}$ . Значит необходимо уменьшить радиус  $R_2$  на величину эксцентриситета, перенести его из точки  $O$  в точку  $O_1$ , что приведет к изменению формы внутренней поверхности насоса и вместо окружности в сечении мы получим кривую второго порядка – эллипс (овоид). Изменение общей площади сечения корпуса насоса (уменьшение ее «нерабочих» площадей (а значит и объемов), которые должны использоваться для подсоединения всасывающих и нагнетательных патрубков.

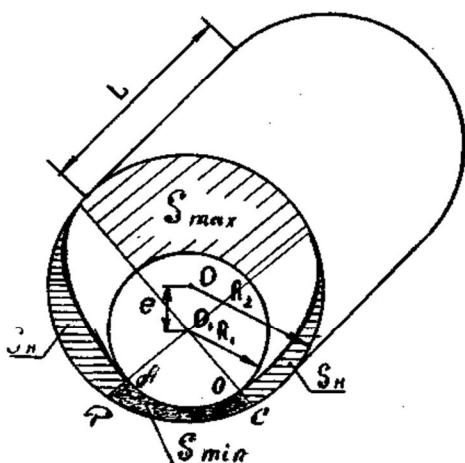


Рис. 3 Схема конструктивных изменений параметров ротационно-пластинчатого вакуумного насоса

Таким образом, в целом, даже при уменьшении общей площади сечений (объема), производительность насоса несколько увеличится, так как  $S_{min} = 0$ ,

$\Delta S = S_{max}$ , тогда  $V_{bc} = S_{max} \cdot L$ , а мощность  $N$ , необходимая для его привода, уменьшится за счет уменьшения  $V_0$  (Моль Р., 1975).

$N = V_0 \cdot W \cdot (P_1 - P_0) / 2 \cdot \Pi \cdot nm$  Вт,  
где  $V_0$  – литраж;  
 $W$  – угловая скорость;  
 $nm$  – механический КПД;  
 $(P_1 - P_0)$  – давление нагнетания (или вакуум всасывания).

Производительность насоса  $Q$  также зависит от коэффициента наполнения (Мельников С.В., 1969).

$Q = 0,98 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot W \cdot nm \cdot Jn$  м<sup>3</sup>/с,  
где  $e$  – эксцентрикитет;  
 $D$  – диаметр статора;  
 $Jn$  – коэффициент наполнения.

Коэффициент наполнения в свою очередь зависит от:

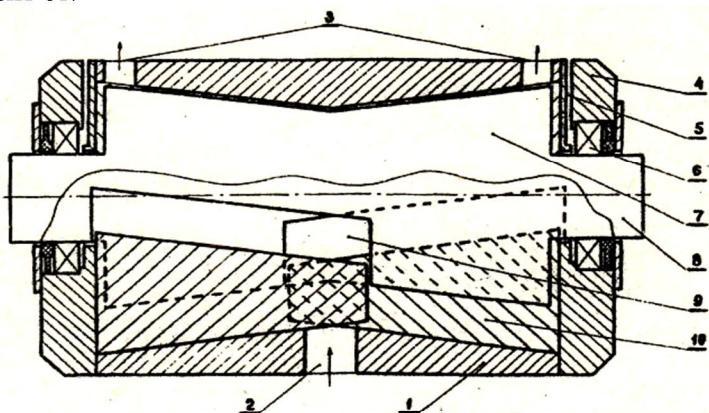


Рис. 5 Схемы устройства ротационно-пластинчатого насоса с улучшенной герметизацией рабочих камер

1) сопротивления впускных и выпускных окон (- площадь сечения выпускных окон должна быть больше выпускных; подсоединения патрубков – по касательной к окружности корпуса);

2) наполнения камеры всасывания, которое должно быть максимальным и достигается за счет опережения открытия выпускных окон, а затем запаздывания их закрытия, открытие – достижение пластиной выпускного окна должно происходить с углом опережения  $\beta$  (рис. 4), а его перекрытие – с углом запаздывания  $\alpha$ . Пerekрытие объема камеры всасывания, обуславливает перенос выпускного отверстия на такой же угол  $\alpha$ .

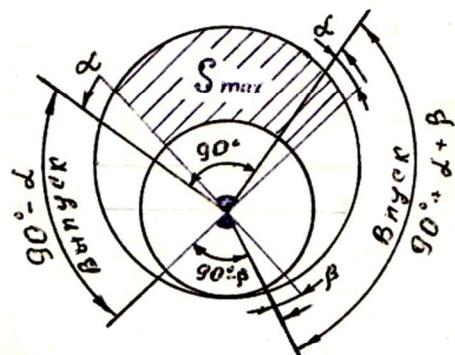
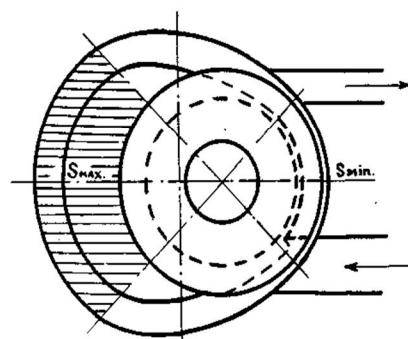


Рис. 4 Схема фаз газораспределения ротационно-пластинчатого вакуумного насоса

Изыскиваемое техническое решение – изменение параметров вакуумного насоса с целью уменьшения нерабочего литража, снижения загруженности лопаток. Прогнозируемый технический результат заключается в общем снижении энергоемкости машины.

С целью снижения энергоемкости, увеличения производительности ротационно-пластинчатого насоса, произведена реконструкция корпуса, ротора и пластин, позволяющая уменьшить нерабочий литраж, снизить загруженность лопаток.

На рисунке 5 представлена схема ротационно-пластинчатого насоса.



Ротационно-пластинчатый насос содержит корпус 1, внутренняя часть которого выполнена в виде двух полых равнобуких конусообразных овощных геометрических тел, соединенных между собой меньшими основаниями (вершинами) [2]. Корпус имеет впускной канал 2, выполненный в центральной его части, и два выпускных канала 3, расположенных с торцов корпуса 1. С боков корпус закрыт двумя торцевыми крышками 4, имеющими сверления 5 для подвода смазывающих веществ к подшипникам 6 и эксцентрично расположенному относительно оси корпуса 1 ротору 7. Ротор 7 выполнен в виде усеченных конусов, соединенных вместе своими вершинами с углом конусности, равным углу расходящихся ветвей внутренней конусообразной части корпуса 1.

Ротор 7 выполнен как единое целое с валом 8 и имеет попарно выполненные пазы 9, соединенные между собой в средней части ротора внахлест (рис. 6), причем длина перекрытия должна быть несколько больше диаметра выпускного канала 2.

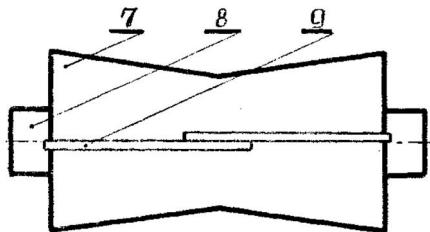


Рис. 6 Схема устройства ротора ротационно-пластинчатого насоса

Пазы 9 выполнены трапециевидными с острым углом наклона относительно центра ротора 7 (рис. 7), равным углу расходящихся ветвей внутренней конусообразной части корпуса 1 и с заглублением у торцов ротора 7 в его вал 8 на глубину, превышающую величину эксцентриситета.

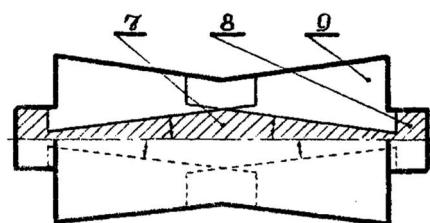


Рис. 7 Схема устройства ротора ротационно-пластинчатого насоса

В пазах 9 свободно размещены пластины 10. В целях универсализации пластин 10 и повторного их использования при выходе из строя верхней рабочей грани, пластина 10 выполнена в виде равнобокой трапеции (рис. 8), что позволяет, перевернув ее на 180°, сделать рабочей нижнюю грань.

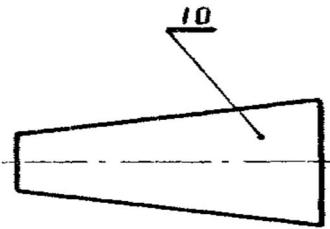


Рис. 8 Пластина ротационно-пластинчатого насоса

В целях выполнения необходимого условия постоянного перекрытия пластинами зазоров в соединении вал 8 - торцевые крышки 4, их большие основания обращенные к торцевым крышкам 4 установлены с возможностью контактирования с последними. Эти основания изготовлены длинной, превышающей суммарную величину эксцентриситета и выступающей над валом части ротора. Наклонно выполненные грани пластины 10, а также пазов 9 ротора 7 в сочетании с поршневой работой пластина - паз, способствуют засасыванию смазывающих веществ в паз 9 при выходе пластины из него, а затем выдавливания с проталкиванием как по длине от его начала к центру ротора 7, так и между пластиной и пазом ротора. Такое конструктивное решение изготовления пазов позволяет уменьшить трение пластина - паз (ротор), улучшает равномерность смазки пластина - корпус, а значит, уменьшает в целом энергоемкость привода всего вакуумного насоса.

Ротационно-пластинчатый насос работает следующим образом.

При вращении ротора 7, эксцентрично расположенного относительно оси корпуса 1, пластины 10 периодически погружаются в пазы 9 или выходят из них за счет центробежных сил, плотно прижимаясь к внутренней части овощноконусообразного корпуса 1, скользят по его конической поверхности до контакта (соприкосновения) своих боковых граней (основания трапеций) о торцевые крышки 4. При этом изменяется объем пространства, заключенного между двумя парами параллельных пластин, расположенных рядом. Этот объем (считая от наименьшего зазора между корпусом и ротором) за один оборот ротора 7 сначала увеличивается до максимального, равного объему, заключенному между пластинами 10 и наиболее удаленной от ротора 7 частью периметра овощногого корпуса 1, создавая разрежение между пластинами 10 на стороне всасывания. Затем объем уменьшается до минимального, равного объему зазора, заключенного между пластинами 10, ротором 7 и корпусом 1 (см. рис. 2). Поступивший "засосанный" воздух через выпускной канал 2, выполненный в центральной наименьшего диаметра части корпуса 1, за счет разности диаметров как ротора 7, так и корпуса 1, а зна-

чит, и разности давлений, устремляется к торцовыми крышкам 4 насоса, сжимается и под повышенным давлением выталкивается в атмосферу через каналы 3, расположенные с торцов корпуса 1.

Снижению загруженности лопаток (уменьшению энергоемкости, в том числе повышению эксплуатационной надежности) ротационно-пластинчатой машины способствует выполнение выпускных каналов с боков корпуса (то есть у торцовой его части), что значительно снижает максимальное выпускное давление за счет улучшения аэродинамических показателей насоса. При проворачивании ротора и увеличении объема рабочей камеры за пластинами образуется разрежение, которое заполняется воздушной средой через выпускное отверстие, расположенное в центре насоса. В результате выполнения корпуса с увеличивающимся рабочим объемом к его торцовыми крышкам разрежение - величина вакуума по всему его периметру не однозначна, в центральной части корпуса ротационно-пластинчатого насоса величина давления несколько выше, нежели у его торцов. По этой причине воздушная среда, поступившая в рабочую камеру, разделяется на два потока и движется в ней более равномерно по винтовой линии от центра к периферии (к торцам корпуса), где затем через "увеличенные" выпускные (удлиненные по периметру "нерабочей" части корпуса насоса) отверстия каналов выталкивается в атмосферу. Пластины при этом испытывают гораздо меньшую нагрузку прижатия к стенкам пазов ротора, что увеличивает их работоспособность. Вторым фактором снижения загруженности лопаток (уменьшения энергоемкости, повышения эксплуатационной надежности устройства) является устранение условий защемления смазывающих веществ в коническом соединении: корпус - крышка. Смазывающие вещества, поступающие в рабочую камеру вакуумного насоса для смазки ее стенок, в случае выполнения выпускных каналов не у торцов корпуса, за счет центробежной силы и конусно выполненных торцовых расточек корпуса, накапливаются в них, и при проворачивании ротора с уменьшением рабочей камеры защемляются пластинами, что приводит к увеличению испытываемой ими нагрузки. Во втором предлагаемом варианте, эти включенные в воздушную среду масла удаляются вместе с нею через выпускные отверстия, выполненные в местах защемления.

Уменьшению энергоемкости (увеличению производительности) насоса способствует выполнение профиля корпуса, его поперечного

сечения, в виде овоида (замкнутой коробковой кривой), что позволяет увеличить объем камеры всасывания и значительно уменьшить перетеки из зоны защемления воздуха - зоны давления в зону всасывания за счет устранения клинового зазора и возможности выдерживания однозначного радиального зазора ротор - корпус.

Уменьшение энергоемкости машины также связано с выполнением профиля корпуса в виде овоида, что в целом способствует уменьшению его "нерабочих" ("переменных") объемов, напрямую связанных с уменьшением общего литражка насоса, прямо пропорционально влияющего на мощность, необходимую для его привода.

## ВЫВОДЫ

1. Техническая разработка подтверждает теоретическое прогнозирование о возможности снижения энергоемкости ротационно-пластинчатых вакуумных насосов за счет конструктивного изменения параметров насоса.
2. Предлагаемое техническое решение позволяет снизить энергоемкость - результат уменьшения нерабочего литражка и снижения загруженности лопаток, повысить производительность, эксплуатационную надежность ротационно-пластинчатых насосов.
3. Ротационно-пластинчатый насос с параметрами поперечного сечения – овощ обладает меньшей энергоемкостью на единицу производительности.
4. При равнозначных технических характеристиках насосов (объемных, скоростных) их энергоемкость, производительность напрямую зависят от конструктивного выдерживания технологических размеров, мест подсоединения выпускных и выпускных окон.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефименко, В.В. Движение центра масс системы материальных точек вакуумного насоса / В.В. Ефименко, Н.М. Подолько // Совершенствование электромеханизации и техногенные факторы в агропромышленном производстве Приморского края: сб. науч. тр. / ПГСХА.– Уссурийск, 2008. – С. 107-110.
2. Мельников, С. В. Механизация животноводческих ферм. - М.: Колос, 1969.- 262 с.
3. Моль, Р. Гидропневмоавтоматика, перевод с фран.- М.: Машиностроение, 1975, с. 312
4. Патент RU № 2018035 МКИ F 04 C 2/344. Ротационно-пластинчатая машина / Н.М. Подолько, В.Н. Красковский (Россия). - № 4934948/29, заявл. 09.04.1991, опубл. 15.08.1994, Бюл. № 15.