

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 621.521:637.116

Конструктивные решения, направленные на повышение скорости действия жидкостнокольцевых вакуумных насосов

Букин А.А., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И., Дьяченко А.В.

Аннотация. В работе показана зависимость действительной скорости действия одноступенчатого и двухступенчатого жидкостнокольцевых вакуумных насосов. Даны формулы их определения в зависимости от соединительных коммуникаций и ступеней. Определено влияние различных типов соединительных коммуникаций и применение передаточных механизмов второй ступени на уменьшение потерь скорости действия двухступенчатого вакуумного насоса.

Ключевые слова: скорость действия, жидкостнокольцевой вакуумный насос, соединительные коммуникации, коэффициент подачи.

Для цитирования: Букин А.А., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И., Дьяченко А.В. Конструктивные решения, направленные на повышение скорости действия жидкостнокольцевых вакуумных насосов // Инновационная техника и технология. 2019. № 4 (21). С. 32–36.

Construction solutions aimed at increasing the speed of action of liquid-ring vacuum pumps

Bukin A.A., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I., Dyachenko A.V.

Abstract. The paper shows the dependence of the actual speed of action of single-stage and two-stage liquid ring vacuum pumps. Formulas for their determination are given depending on the connecting communications and steps. The influence of various types of connecting communications and the use of transmission mechanisms of the second stage to reduce the loss of speed of action of a two-stage vacuum pump are determined.

Keywords: speed of action, liquid ring vacuum pump, connecting communications, delivery coefficient.

For citation: Bukin A.A., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I., Dyachenko A.V. Construction solutions aimed at increasing the speed of action of liquid-ring vacuum pumps. Innovative Machinery and Technology. 2019. No.4 (21). pp. 32–36. (In Russ.).

Введение

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) нашли широкое распространение в сельском хозяйстве РФ. В тех случаях, когда давление всасывания должно быть ниже 10 кПа необходимо применять двухступенчатую модификацию данного насоса. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы

имеют простую конструкцию, надежны в эксплуатации, а также обладают низким уровнем шума [1].

Одним из основных параметров ЖВН является действительная скорость действия. Данный параметр характеризуется объемным расходом откачиваемого газа ($\text{м}^3/\text{ч}$). Т.е. действительную скорость действия данного вакуумного насоса можно определить количеством газа в максимальной ячейке

или объемом этой ячейки при приведении газа к нормальному давлению. Однако в отличие от всех других машин объемного действия, объем газа в ячейке определяется не только их геометрическими размерами, но и параметрами жидкостного кольца.

Целью работы являлась описание характеристики конструктивных элементов и их влияние на быстроту действия разных модификаций жидкостнокольцевого вакуумного насоса.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования статьи явились жидкостнокольцевые вакуумные насосы и их конструктивные элементы. Методика проводилась по основной литературе про механические насосы, позволяющая исследовать расчет быстроты действия с учетом внедрений.

Результаты и их обсуждение

Как отмечено ранее в отличие от компрессоров, для ЖВН именно действительная быстрота действия, а не напор, является наиболее важной. Действительная быстрота действия одноступенчатых ЖВН определяется как

$$S_{дл} = S_{тл} \cdot \lambda_{пл}, \quad (1)$$

где $S_{дл}$ – действительная быстрота действия двухступенчатого ЖВН; $S_{тл}$ – теоретическая быстрота действия первой ступени; $\lambda_{пл}$ – коэффициент подачи первой ступени.

Причем теоретическая быстрота действия насоса зависит от частоты вращения вала, количества лопаток, эксцентриситета, рода рабочей жидкости, ширины рабочего колеса, внутренней поверхности жидкостного кольца по углу поворота, а на действительную быстроту действия дополнительно влияют потери, обусловленные пространством, образующимся между втулкой рабочего колеса и внутренней поверхностью жидкостного кольца, так называемой «мертвой зоной». Для определения потерь

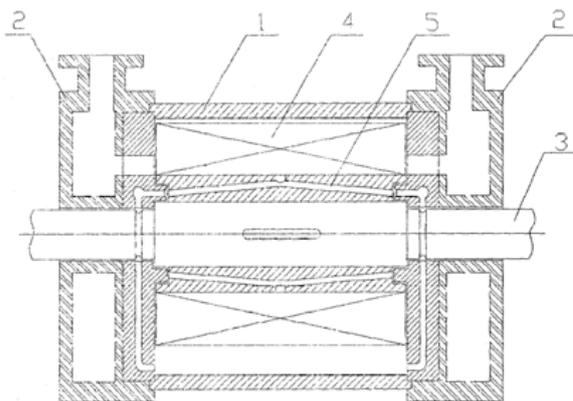


Рис. 1. Область подачи дополнительной рабочей жидкости

быстроты действия используем понятие коэффициента подачи, который считает по формуле

$$\lambda_{п} = 1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3, \quad (2)$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий потери быстроты действия, обусловленные переносом газовой фазы со стороны нагнетания в сторону всасывания через «мертвую зону»; α_2 – коэффициент, учитывающий потери действительной быстроты действия вследствие перетечек газовой фазы в соседние ячейки через торцевые зазоры; α_3 – коэффициент, характеризующий потери, обусловленные образовавшимися парами в ячейке рабочего колеса вследствие испарения капель жидкости из-за теплообмена между газовой фазой и жидкостью, а также гидродинамического трения.

Для ЖВН с автоматически регулируемым окном коэффициент потерь через «мертвую зону» уменьшаем до нуля. Остаются потери через торцевые зазоры из-за их размеров, а также зоны и величины потерь через пространство, уплотняемое дополнительной рабочей жидкостью [2, 3]. Количество необходимой дополнительной рабочей жидкости складывается из жидкости уплотняющей торцевые зазоры, жидкости отводящей тепло трения между слоями и сжатия газовой смеси, а также жидкости, необходимой для пополнения жидкостного кольца.

Перерасход дополнительной рабочей жидкости вызывается неправильным выбором области ее подвода для уплотнения зоны отхода жидкостного кольца от втулки в верхней части насоса.

Так на подачу через всасывающее окно существенное влияние оказывает величина разрежения, а на ее расположение, точнее перекрытие угловая скорость вращения рабочего колеса. В тоже время нельзя сказать, что в любой момент времени количество поступившей жидкости равно количеству убывшей.

Здесь также оказывает влияние количество центробежная сила, расположение нагнетательного окна. Причем размер и расположение нагнетательного окна – давление газа в нем и соответственно движущая сила уноса жидкости.

Для снижения расхода дополнительной рабочей жидкости при уменьшении потерь разработана конструкция ЖВН, с подачей непосредственно в область уплотнения, согласно рисунку 1.

На данную конструкцию получен патент РФ № 2291987 [4].

Конструкция работает следующим образом. При работе насоса в каналы 7 подается рабочая жидкость. Она уплотняет торцевые зазоры между крышками 2 и лопатками рабочего колеса. Это снижает расход дополнительной жидкости, повышает быстроту действия, глубину предельного вакуума и КПД ЖВН.

Для двухступенчатого насоса данная характе-

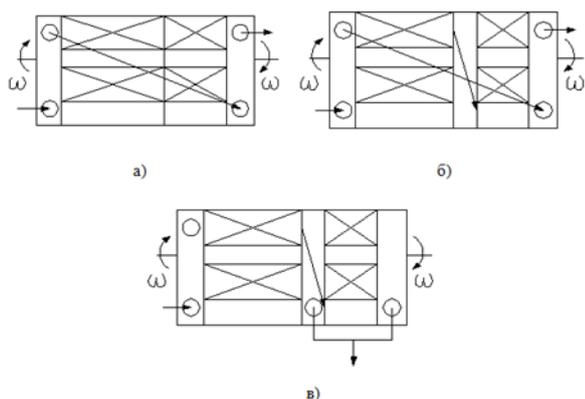


Рис.2. Схема соединения ступеней:

а) с соединительным патрубком б) с соединительным патрубком и промежуточной камерой; в) с промежуточной камерой и одновременным выводом газа с двух ступеней

ристика зависит от действительной быстроты действия первой ступени и потерь в первой и второй ступенях, а также в соединительных коммуникациях [5]. Действительная быстрота действия определяется, как

$$S_{дл} = S_{тI} \lambda_{пI} \lambda_{пII} \lambda_{ск}, \quad (3)$$

где $\lambda_{пII}$ – коэффициент подачи второй ступени; $\lambda_{ск}$ – коэффициент подачи в соединительных коммуникациях. Величины $\lambda_{пI}$, $\lambda_{пII}$, $\lambda_{ск}$ зависят от режима работы ЖВН.

При работе двухступенчатого ЖВН газ сжимается как в первой ступени, так и во второй ступени. Этим увеличивается общее давление нагнетания ЖВН, соответственно достигаемое давление разрежения на заключительной стадии вакуумирования. Переход газа из первой ступени во вторую может осуществляться различными способами.

Применяемый способ – использование соединительного патрубка показан на рисунке 1а. Способ обладает существенным недостатком: так как соединительный патрубок имеет высокие гидравлическое сопротивление, а объем его в ряде ЖВН больше, чем объема первой ступени, что влечет на начальных режимах к потерям быстроты действия и эффективной мощности.

Во избежание этого, применяют другие спо-

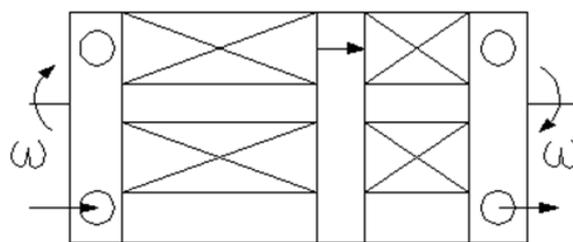
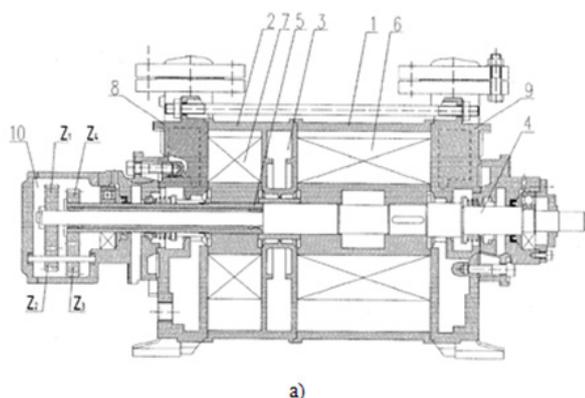


Рис. 3. ЖВН с прямым перепуском газа между ступенями

собы соединения ступеней: первый – с использованием промежуточной камеры показан на рисунке 1б. Промежуточная камера пропускает излишний газ из одной ступени в другую без изменения физико-механических и термодинамических свойств, избегая серьезной потери действительной быстроты действия. Вторым достоинством промежуточной камеры, из-за разнесения по разные стороны всасывающего и нагнетательного окон является снижение гидравлических сопротивлений.

Зарубежные производители (Finder Pompe SpA) применяют способ, показанный на рисунке 1в. Выпуск газа здесь производится одновременно из первой и второй ступеней, при этом лишний газ на начальной стадии процесса вакуумирования не попадают во вторую ступень и не ведет к дополнительным потерям. Это увеличивает быстроту действия насоса за счет снижения потерь в соединительных коммуникациях.[6]

Следовательно, наиболее эффективным способом будет прямой перепуск газа из зоны нагнетания первой ступени в зону всасывания второй ступени. Это создается конструкцией по схеме, приведенной на рисунке 2. Вращение рабочих колес в разные стороны дает возможность совместить нагнетательное окно первой ступени и всасывающее окно второй ступени. Такой способ делает возможным осуществить работу двухступенчатого ЖВН без применения соединительных коммуникаций, а значит, позволяет избежать лишних потерь и повысить действительную быстроту действия насоса.

Другим элементом, повышающим быстроту действия является применение частотного преобразователя тока, позволяющего увеличить частоту вращения асинхронного электродвигателя, а для двухступенчатых ЖВН применения двухступенчатого цилиндрического соосного редуктора и лобового вариатора, позволяющих ступенчато или плавно регулировать частоту вращения второй ступени в зависимости от режима вакуумирования, умень-

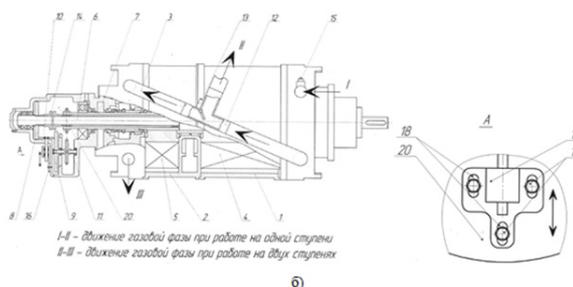


Рис. 4. Конструкции двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса

шая газовые потери в двухступенчатом насосе [7,8]. Схемы данных конструктивных решений показаны на рисунках 4а и 4б.

Двухступенчатый вакуумный жидкостнокольцевой насос, представленный на рис 4а, включает себя два корпуса 1, 2. Также между ступенями находится промежуточная камера 3. В корпусах находятся срединные друг с другом цельной вал 4 и полый вал 5. Валы в корпусе находятся с эксцентриситетом относительно центральной оси. На каждом валу посажено рабочее колесо 6, 7, а также соответствующие торцевые крышки 8, 9. В крышках отлиты всасывающее и нагнетательное окна. Концы валов связаны двухступенчатым цилиндрическим редуктором 10.

Двухступенчатый жидкостнокольцевой вакуумный насос, показанный на рис 4б, также включает корпуса двух ступеней 1 и 2. Они соединяются патрубками 3. В корпусах с эксцентриситетом находятся валы. Причем вал 6 располагается в полом валу 7. На них находятся рабочие колеса 4 и 5 первой и второй ступеней соответственно.

Они также соединены двухдисковым лобовым вариатором. Вариатор включает в себя диски 8, 9, а также промежуточный ролик 10. Изменение

направления вращения вала второй ступени происходит цепной передачей 11. В соединительный патрубок включен тройник 12, оснащенный электромагнитной задвижкой 13. Вариатор оснащен также электромагнитной муфтой 14 и датчиком 15 с пневматического привода. Для плавного изменения передаточного отношения вариатора введено регулирующее устройство 16. Оно состоит из корпуса подшипника с роликом 17 и пазу 18. Также в конструкцию введены винты 19. Механическая передача и муфта установлены на корпусе 20.

Выводы

1. Показаны основные конструктивные параметры и свойства рабочей жидкости, влияющие на быстроту действия одноступенчатого ЖВН.

2. Даны различные способы соединительных коммуникаций, влияющие на действительную быстроту действия двухступенчатого ЖВН.

3. Отражено применения частотного преобразователя для одноступенчатого ЖВН и механических передач на уменьшения потерь двухступенчатых ЖВН, а, следовательно, повышение их быстроты действия.

Список литературы

- [1] Фролов Е. С. Механические вакуумные насосы / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В. И. Васильев и др. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.: ил.
- [2] Елизаров И. А. Исследование влияния расхода дополнительно подаваемой рабочей жидкости на рабочие характеристик жидкостнокольцевого вакуум-насоса / И. А. Елизаров, Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского, 2010 № 13 (28) С. 243–252.
- [3] Родионов Ю. В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснование параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК: дис. докт. техн. наук.– Тамбов, 2013. 434 с.
- [4] Пат. 2291987 Российская Федерация, МПК F04C7/00 F04C19/00, Жидкостно-кольцевая машина / Воробьев Ю. В., Максимов В. А., Попов В. В., Родионов Ю. В., Свиридов М. М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2004130046/06; заявл. 11.10.2004; опубл. 20.01.2007, Бюл. № 2, 5 с.: 1 ил.
- [5] Родионов Ю. В. Повышение эффективности и эксплуатационных характеристик двухступенчатых жидкостнокольцевых вакуум-насосов: дис. канд. техн. наук; 05.04.09; –Защищена 14.06.00; Утв. 10.11.00.–Тамбов; ТГТУ, 2000. 135с.
- [6] Karathanos V.T. Comparison of Two Methods of Estimation of the Effective Moisture Diffusivity from Drying Data / V. T. Karathanos, G. Villa-lobos, G. D. Saravacos // J. Food Sci. 1990. № 1. P. 218–233.
- [7] Пат. 2291320 Российская Федерация, МПК F04C7/00 F04C19/00, Двухступенчатая жидкостнокольцевая машина / Воробьев Ю. В., Волков А. В., Максимов В. А., Попов В. В., Родионов Ю. В., Свиридов М. М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2004130045/06; заявл. 11.10.2004; опубл. 10.01.2007, Бюл. № 1, 5 с.: 1 ил.
- [8] Пат. 2551449 Российская Федерация, МПК F04C7/00 F04C19/00, Двухступенчатая жидкостнокольцевая машина / Гуськов А. А., Ники-тин Д. В., Платицин П. С., Родионов Ю. В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2014127083/06; заявл. 02.07.2014; опубл. 27.05.2015, Бюл. № 15, 6 с.: 2 ил.

References

- [1] Frolov E. S., Avtonomova I. V., Vasiliev V. I. Mehanicheskie vakuumnnye nasosy [Mechanical vacuum pumps] / Moscow, Mechanical Engineering, 1989. 288 p.

- [2] Elizarov I.A., Nikitin D.V., Rodionov Yu.V., Odnolko V.G. Issledovanie vlijanija rashoda dopolnitel'no podavaemoj rabochej zhidkosti na rabochie harakteristik zhidkostnokol'cvogo vakuum-nasosa [Investigation of the effect of the flow rate of the additionally supplied working fluid on the operating characteristics of a liquid ring vacuum pump]. Questions of modern science and practice, 2010, no. 13 (28), pp. 243–252.
- [3] Rodionov Yu. V. Sovershenstvovanie teoreticheskikh metodov rascheta i obosnovanie parametrov i rezhimov zhidkostnokol'cevyyh vakuumnyh nasosov s uchetom osobennostej tehnologicheskikh processov v APK. Dis. kand. tehn. Nauk [Improvement of theoretical calculation methods and justification of parameters and modes of liquid ring vacuum pumps, taking into account the characteristics of technological processes in the agricultural sector]. Tambov, 2013. 434 p.
- [4] Vorobyov Yu.V., Maksimov V.A., Popov V.V., Rodionov Yu.V., Sviridov M.M. Zhidkostno-kol'cevaja mashina [Liquid ring machine]. Patent RF, no. 2291987, 2007.
- [5] Rodionov Yu. V. Povyshenie jeffektivnosti i jekspluatacionnyh harakteristik dvuhstupenchatyyh zhidkostnokol'cevyyh vakuum-nasosov. Dis. kand. tehn. nauk [Improving the efficiency and operational characteristics of two-stage liquid ring vacuum pumps: dis. Cand. tech. sciences]. Tambov, 2000. 135 p.
- [6] Karathanos V.T., Villa-lobos G., Saravacos G.D. Comparison of Two Methods of Estimation of the Effective Moisture Diffusivity from Drying Data. J. Food Sci, 1990, no. 1, pp. 218–233.
- [7] Vorobyov Yu.V., Volkov A.V., Maksimov V.A., Popov V.V., Rodionov Yu.V., Sviridov M.M. Dvuhstupenchataja zhidkostno-kol'cevaja mashina [Two-stage liquid ring machine]. Patent RF, no. 2291320, 2007.
- [8] Guskov A.A., Nikitin D.V., Platitsin P.S., Rodionov Yu.V. Dvuhstupenchataja zhidkostno-kol'cevaja mashina [Two-stage liquid ring machine]. Patent RF, no. 2551449, 2015.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Букин Александр Александрович кандидат технических наук доцент кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(910) 756-10-37 E-mail: buka196528@rambler.ru</p>	<p>Bukin Alexander Alexandrovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Polymer processing and packaging production» Tambov State Technical University Phone: +7(910) 756-10-37 E-mail: buka196528@rambler.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Скоморохова Анастасия Игоревна студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>
<p>Дьяченко Андрей Владимирович магистрант кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 237-45-38 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p>Dyachenko Andrey Vlavimirovich undergraduate of the department «Polymer processing and packaging production» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 237-45-38 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>