

Расширение диапазона рабочих давлений насоса типа Рутс

*А.В. Бурмистров, А.А. Райков, С.И. Саликеев, *А.В. Тюрин*
Казань, КНИТУ, ул. К. Маркса, 68
**Казань, АО «Вакууммаш», ул. Тульская, 58*
Email: burm@kstu.ru

Рассмотрены способы работы двухроторного вакуумного насоса типа Рутс при высоких давлениях на входе и высоких перепадах давлений между выходом и входом, Показано, что одним из наиболее эффективных способов является регулирование частоты вращения электродвигателя в зависимости от нагрузки. Проведены испытания ДВН с частотным преобразователем при различных входных давлениях и показано, что данный вариант имеет преимущества по сравнению с использованием перепускного клапана.

Widening of working pressures range of Roots pump. A.V.Burmistrov, A.A.Raykov, S.I.Salikeev, A.V.Tyurin. Modes of Roots pump working with high pressure at the inlet and high pressure difference between the outlet and the inlet are considered. One of the most effective means is adjustment of electric motor rotating frequency depending on the load. Tests of the Roots pump with frequency converter at different inlet pressures were carried out. It is shown that this method is advantageous in comparison with bypass valve usage.

Двухроторные вакуумные насосы типа Рутс (ДВН) [1, 2] широко применяются в химической и пищевой промышленности, металлургии, напылительных и сублимационных вакуумных установках. Основное достоинство ДВН - высокая быстрота действия ДВН позволяет повсеместно использовать их в установках для создания низкого и среднего вакуума, не содержащего паров рабочей жидкости. Вместе с тем, ДВН типа Рутс – машина с внешним сжатием, что определяет ее основной недостаток – высокая потребляемая мощность, которая растет с увеличением давления и перепада давлений между выходом и входом насоса. Это приводит к интенсивному нагреву ДВН, что, в свою очередь, может повлечь заклинивание роторов и выходу из строя насоса. Поэтому ДВН практически никогда не включаются с атмосферного давления, а в конструкции предусматриваются те или иные меры по предотвращению перегрузки.

Чаще всего для предохранения от перегрузок в корпус ДВН встраивается перепускной клапан (рис.1), настроенный на определенный перепад давлений, при превышении которого, клапан открывается, и газ частично перепускается с выхода на вход, предотвращая, тем самым, перегревание и заклинивание насоса. Такое решение, безусловно, нельзя считать оптимальным, в первую очередь из-за увеличения массогабаритных показателей насоса. И данное решение не позволяет полностью решить проблему с перегревом насоса. Кроме того, при открытии перепускного клапана насос фактически перестает осуществлять откачку.

Существовали машины, в которых охлаждение роторов обеспечивалось циркуляцией масла через полый вал ротора. При этом масло охлаждалось водой во внешнем теплообменнике. Такое устройство является настолько сложным, что его применение оправдано только в очень больших насосах. Корпус насоса обычно имеет воздушное и гораздо реже водяное охлаждение.

Для охлаждения роторов и расширения диапазона рабочих давлений в некоторых типах ДВН внутри выпускного патрубка в непосредственной близости от роторов устанавливают пластинчатый холодильник. Частые пульсации потока откачиваемого газа повышают эффективность переноса тепла от роторов к холодильнику. Дополнительным преимуществом такого решения является то, что и в форвакуумный насос поступает охлажденный газ.

Представленные вариации существенно усложняют конструкцию ДВН по сравнению с базовым вариантом.

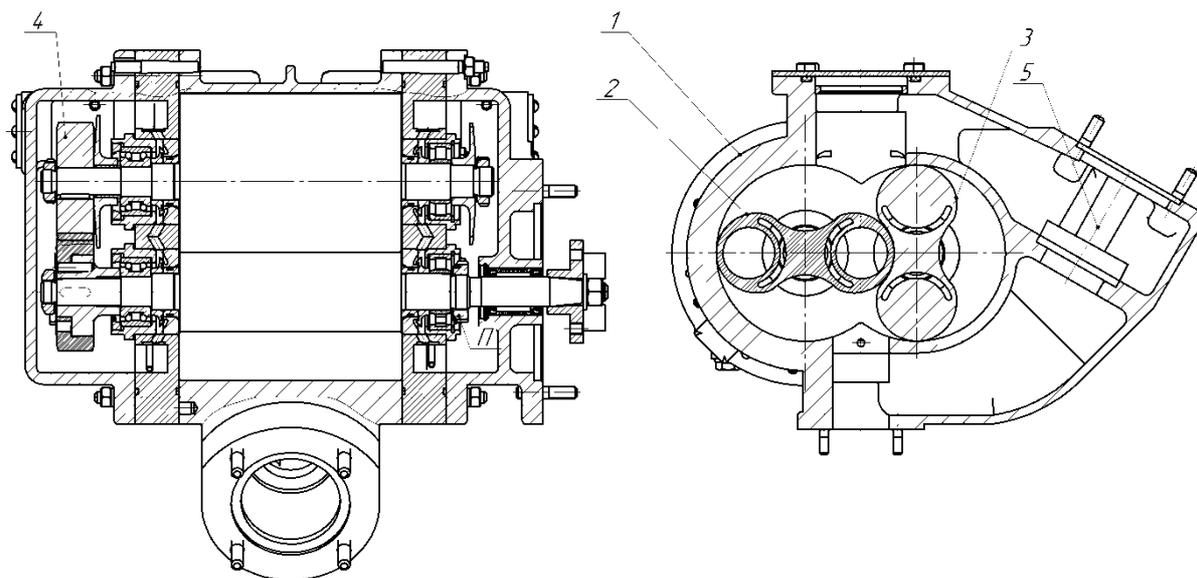


Рис. 1. Схема двухроторного вакуумного насоса типа Рутс:
1 – корпус; 2,3 – ротора; 4 – синхронизирующие шестерни; 5 – перепускной клапан.

Решением проблемы перегрева насоса может быть снижение частоты вращения двигателя при превышении заданного тока на электродвигателе. В России подобные конструкции не выпускаются. Поэтому для определения предельной силы тока и исследования работы насоса при различных частотах вращения роторов необходимо провести экспериментальные исследования. В работах [2-4] приведены характеристики ДВН в зависимости от частоты вращения, но не представлены величины мощности и силы тока на обмотках двигателя.

Для исследования работы насоса с частотным преобразователем был спроектирован стенд, состоящий из НВД-200 [5], работающего в агрегате с пластинчато-роторным насосом 2НВР-5ДМ. Для измерения давлений на входе и выходе из ДВН использовались вакуумметры ВДТО-2 и ВДТО-3. Расход газа измерялся регуляторами расхода газа и газовыми счетчиками. Температура двигателя и насоса контролировалась термопарным блоком. Мощность электродвигателя и ток на его обмотках измерялись анализатором тока ЩМ120. Для регулирования частоты вращения использовался частотный преобразователь.

По результатам эксперимента построены зависимости силы тока, усредненной по трем обмоткам, и активной мощности от частоты вращения электродвигателя при различных давлениях на входе в ДВН (рис. 2). Графики показывают, что при увеличении частоты вращения потребляемая мощность непрерывно растет, в то время как ток на обмотках, имеет максимум при частоте вращения 1500-1700 об/мин. Это предположительно связано с тем, что оптимальной частотой для используемого двигателя является 3000 об/мин. При меньшей частоте падает его КПД, и увеличивается доля мощности, уходящая на нагрев.

Испытания насоса при различных частотах вращения и входных давлениях показали, что при силе тока на обмотках до 2,4 А перегрева двигателя не происходит. Поэтому была разработана микропрограмма для частотного преобразователя, понижающая частоту вращения до достижения величины номинального тока электродвигателя.

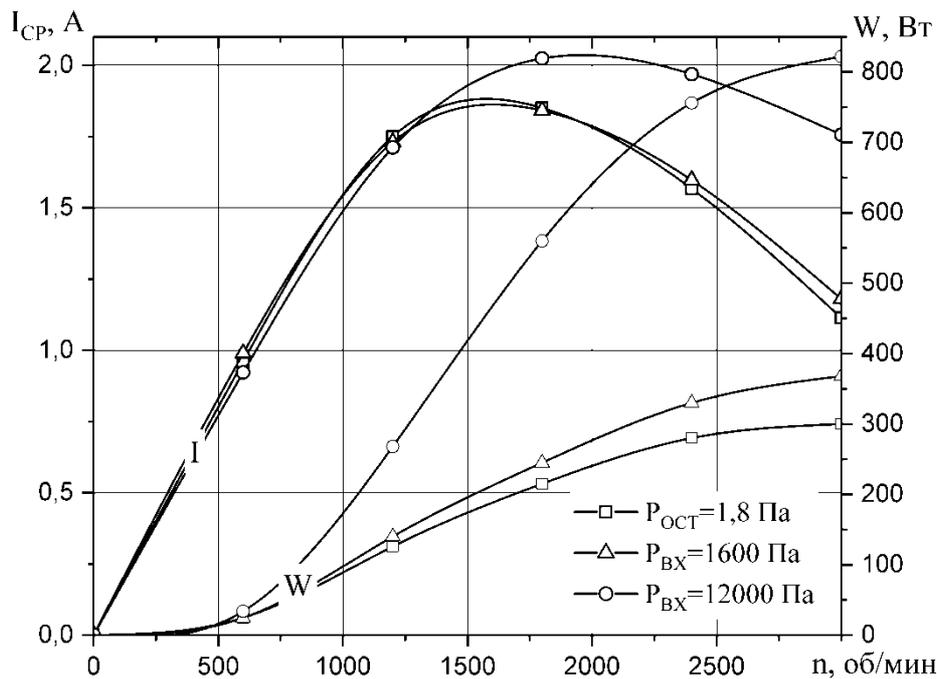


Рис. 2 – Зависимость мощности и усредненной по трем обмоткам силы тока на обмотках двигателя от частоты вращения.

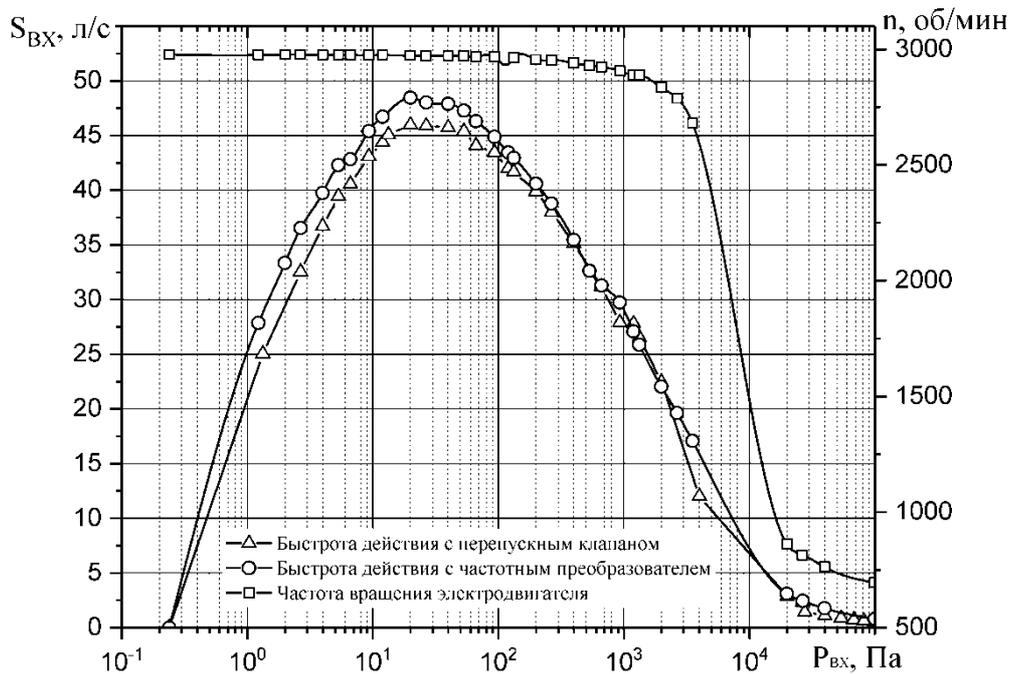


Рис. 3 – Зависимость быстроты действия и частоты вращения от входного давления в режиме ограничения силы тока.

На рис. 3 приведены характеристики насоса с частотным преобразователем в режиме указанного ограничения силы тока. При входных давлениях ниже 1 кПа частота вращения двигателя составляет 3000 об/мин. При повышении входного давления ток на обмотках достигает 2,4 А и для его снижения происходит уменьшение частоты вращения. При атмосферном давлении частота вращения составляет 700 об/мин. На этом же графике представлена характеристика при работе ДВН с перепускным клапаном. При давлении выше

30 кПа происходит открытие перепускного клапана и снижение быстроты действия. В этом режиме использование частотного преобразователя повышает быстроту действия почти в 2 раза.

Таким образом, дополнение двухроторного насоса частотным преобразователем позволило производить его запуск при атмосферном давлении на входе без опасности перегрева и выхода из строя. Кроме того, эксперименты показали, что при низких давлениях существует запас по силе тока, что позволит повышать частоту вращения выше 3000 об/мин и тем самым увеличивать быстроту действия насоса.

Литература

1. Вакуумная техника: Справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 590 с., ил.
2. Бурмистров А. В. Создание и исследование бесконтактных вакуумных насосов Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.04.06. – МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Москва, 2006. -32 с.
3. Бурмистров А.В. Влияние частоты вращения роторов на предельное остаточное давление двухроторных вакуумных насосов // Материалы IX научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника». М.: МИЭМ, 2002. – С. 81-85.
4. Бурмистров А.В., Караблинов Д.Г. Влияние скорости роторов на перетекание в межроторном канале двухроторного вакуумного насоса // Материалы X научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника». М.: МИЭМ, 2003. – С. 97-100.
5. НВД-200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vacma.ru/products/roots_pump/nvd/382/, свободный.

Перспективы развития и основная проблематика создания эталонной базы единицы потока газа в вакууме в РФ

*Д.М. Фомин, А.А. Чернышенко
Санкт-Петербург, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», пр. Московский, 19
E-mail: vacuum@vniim.ru*

В статье рассматриваются основные проблемы создания эталонной базы единицы потока газа в вакууме, а также перспективные разработки в данной области измерений.

Prospects of development and main issues of establishing of gas flow standard base unit in vacuum. D.M. Fomin, A.A. Chernyshenko. The article discusses the main problems of creating of the standard base unit of the gas flow in vacuum and promising developments in these measurements.

Приборы для контроля герметичности такие как течеискатели масс-спектрометрические, меры потока, щуповые течеискатели различного принципа действия применяются в различных отраслях промышленности, а в частности: в атомной, космической, авиационной, химической промышленности, а также в производстве микро- и нанозлектроники с середины прошлого века. Однако до настоящего времени в РФ не существует государственной эталонной базы.

Это обусловлено в первую очередь тем, что до 2007 года течеискатели масс-спектрометрические в РФ не являлись средством измерений (СИ) и не подлежали первичной и периодической поверке. Данная ситуация выглядела довольно странно, особенно учитывая тот