

УДК 621.51

Влияние различных параметров проточной части цилиндрического молекулярного вакуумного насоса на его характеристики

Демихов К. Е.¹, Очков А. А.^{1,*},
Полежаев А.¹

* aochkov@bmstu.ru

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В работе произведена оценка эффективности влияния основных конструктивных параметров проточной части цилиндрического молекулярного вакуумного насоса на его характеристики в широком диапазоне давлений с использованием разработанной авторами ранее математической модели процесса откачки газа цилиндрическим молекулярным вакуумным насосом. Представлены зависимости скорости откачки и отношения давлений от основных параметров проточной части цилиндрического вакуумного молекулярного насоса. Произведен анализ полученных в ходе исследований характеристик, сделаны выводы и даны рекомендации по выбору основных оптимальных параметров проточной части цилиндрического молекулярного вакуумного насоса. Критерием оптимальности выбран минимальный условный объем проточной части.

Ключевые слова: молекулярный вакуумный насос, скорость откачки, программа расчета, оптимизация

Введение

В настоящее время актуальной и нерешенной проблемой является создание оптимальной конструкции высоковакуумных средств откачки. В современной промышленности молекулярные вакуумные насосы (МВН) находят широкое применение в силу своих преимуществ, таких как работа с относительно высокими давлениями на стороне нагнетания (до 1000 Па), высокая степень повышения давления при работе с легкими газами, безмаслянная откачка (практически не загрязняют откачиваемый объем различного рода органическими веществами) и др.

С момента своего появления (60-е годы прошлого столетия) МВН быстро завоевали достойное место в ряду высоковакуумных средств откачки. Обладая целым рядом

существенных преимуществ, они серьезно потеснили безусловных до этого фаворитов по объему использования в высоковакуумных системах паромасляные диффузионные вакуумные насосы.[3]

В современных условиях актуальным требованием, предъявляемых к МВН, является разработка их конструкции с оптимальными характеристиками и параметрами. Особое внимание при разработке МВН следует уделять расчету оптимальных геометрических характеристик МВН, работающего в широком диапазоне давлений на стороне всасывания, при этом должны быть обеспечены основные рабочие характеристики проектируемого насоса. [1]

В МГТУ им. Н. Э. Баумана на кафедре «Вакуумная и компрессорная техника» была разработана математическая модель[2], на основании которой создано программное обеспечение (ПО), позволяющее рассчитать оптимальную конструкцию цилиндрического молекулярного вакуумного насоса для различных критериев оптимальности. Одним из таких критериев оптимальности был выбран минимальный условный объем проточной части насоса:

$$A_{min} = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad (1)$$

где D – наружный диаметр молекулярного вакуумного насоса, L – его длина.

В качестве управляющих параметров были выбраны: λ – относительный диаметр МВН ($\lambda = r/R$, где r – радиус ротора, R – радиус статора), α – угол наклона спирали (рабочего канала МВН), n – число заходов спирали.

С использованием разработанной математической модели произведен расчет с целью оценки влияния основных параметров проточной части МВН на его характеристики. Были получены графические зависимости максимального отношения давлений и быстроты откачки цилиндрического молекулярного вакуумного насоса от окружной скорости U , угла наклона спирали α , относительного диаметра λ и числа заходов спирали n .

При переменной окружной скорости U неизменяемые параметры: угол наклона спирали $\alpha = 60^\circ$, относительный диаметр $\lambda = 0,967$, радиус ротора 90 мм, число заходов спирали $n = 3$, газ – азот; при переменном угле наклона спирали α неизменяемые параметры: относительный диаметр $\lambda = 0,967$, радиус ротора 90 мм, частота вращения 20000 об/мин, число заходов спирали $n = 3$, рабочий газ – азот; при переменном относительном диаметре λ неизменяемые параметры: угол наклона спирали $\alpha = 60^\circ$, радиус ротора 90 мм, частота вращения 20000 об/мин, число заходов спирали $n = 3$, рабочий газ – азот; при переменном числе заходов спирали неизменяемые параметры: угол наклона

спирали $\alpha=60^\circ$, относительный диаметр $\lambda=0,967$, радиус ротора 90 мм, частота вращения 20000 об/мин, рабочий газ – азот. (рис. 1-6)

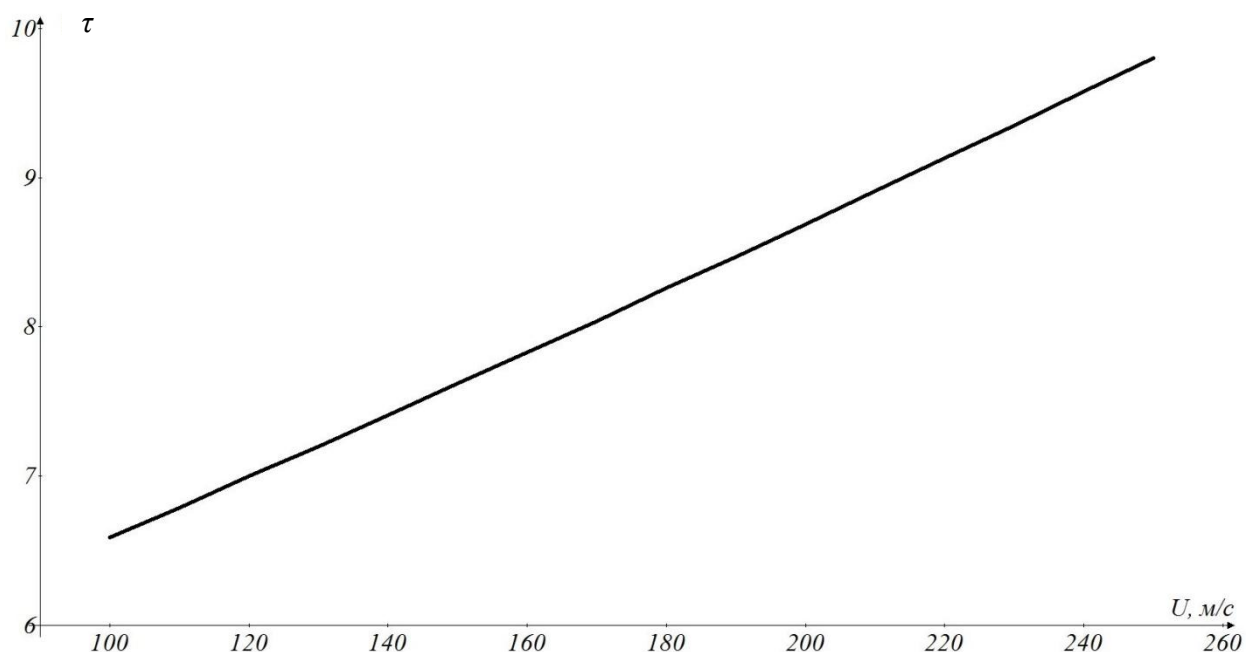


Рис.1 Зависимость отношения давлений от окружной скорости

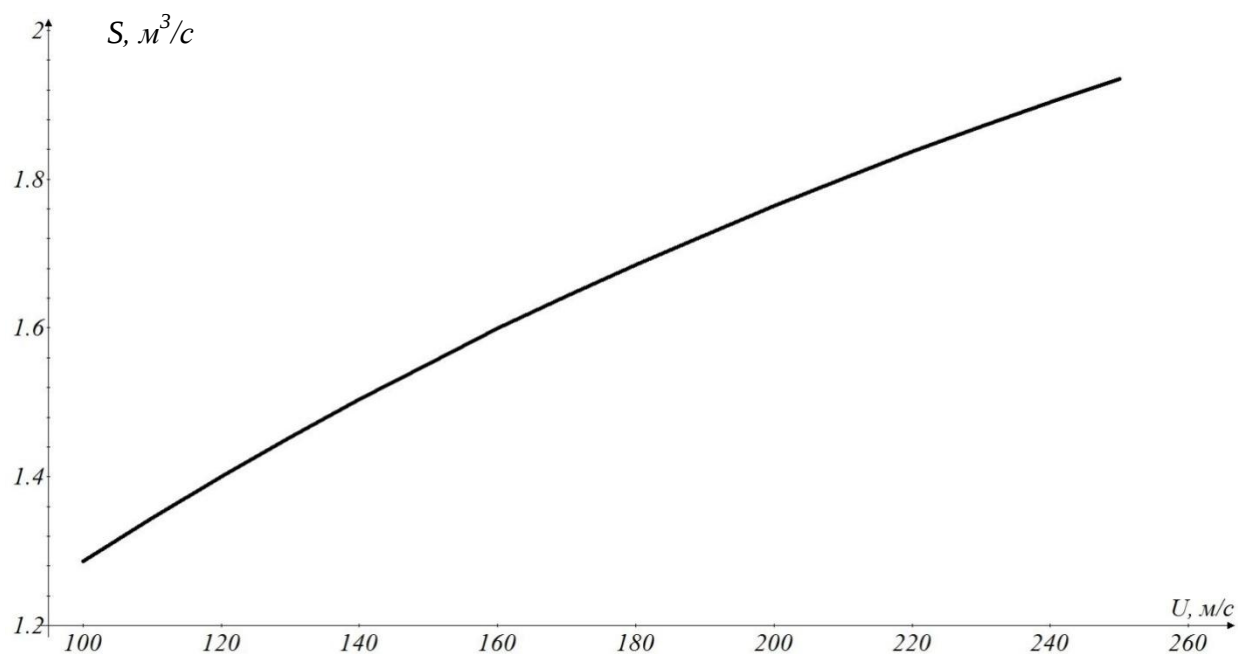


Рис.2 Зависимость быстроты откачки МВН от окружной скорости

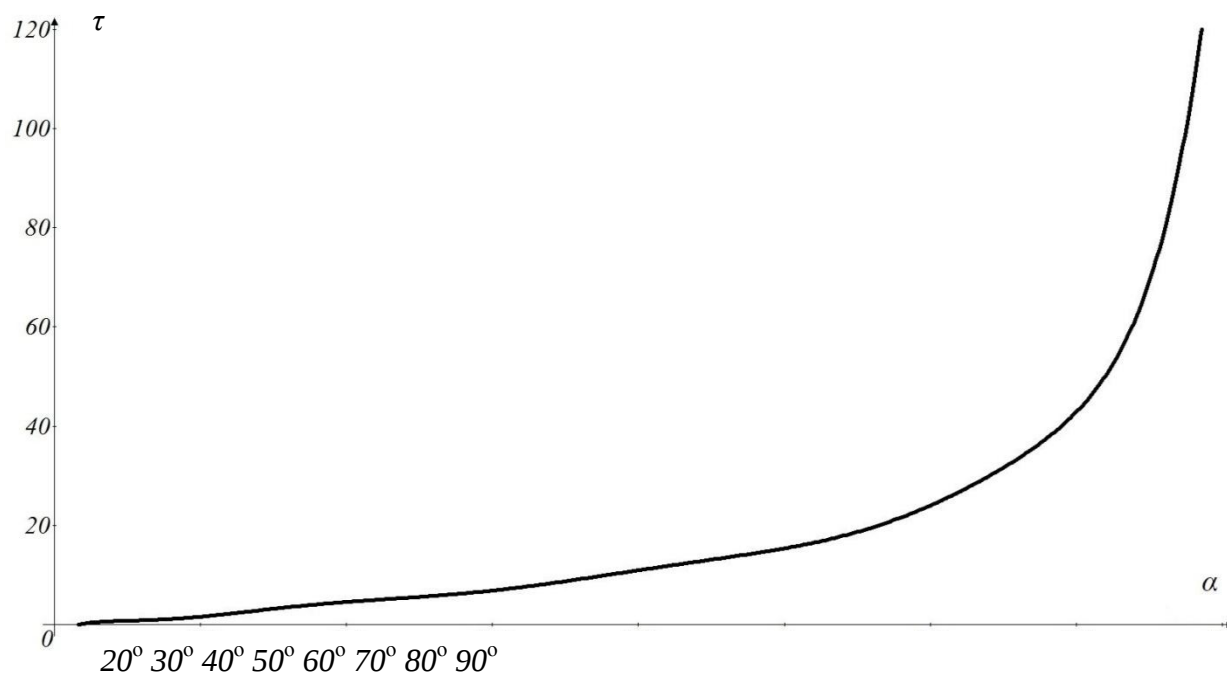


Рис.3 Зависимость отношения давлений MBH от значения угла наклона спирали

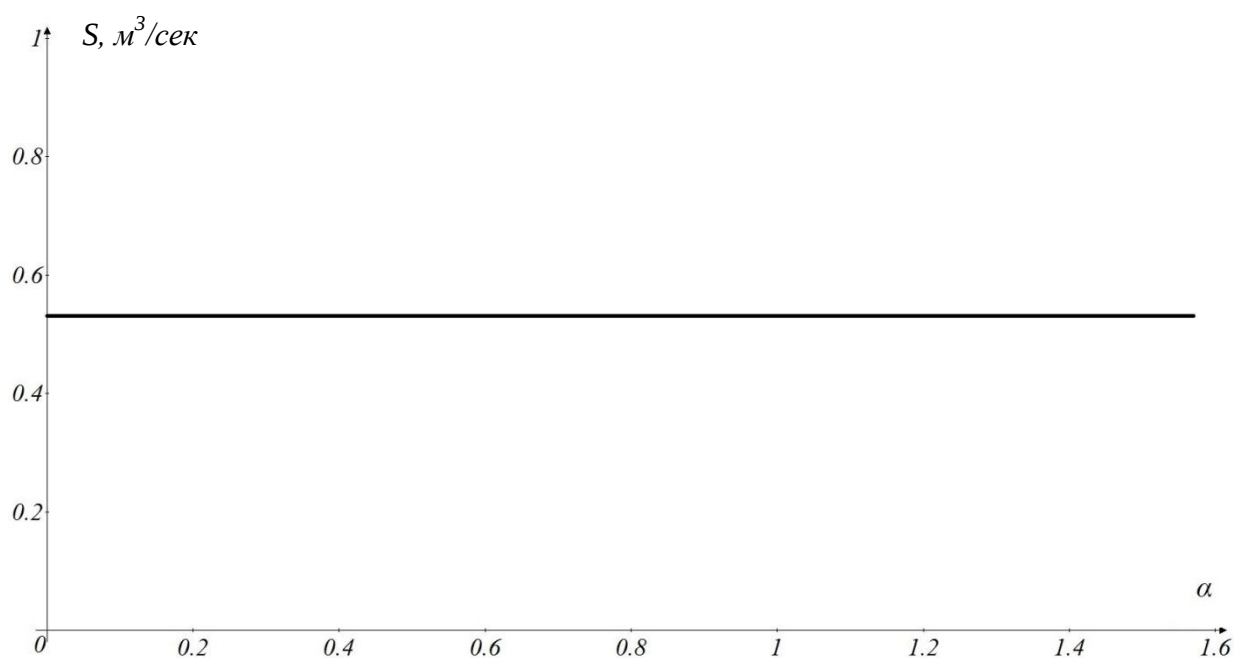


Рис.4 Зависимость быстроты откачки от угла наклона спирали

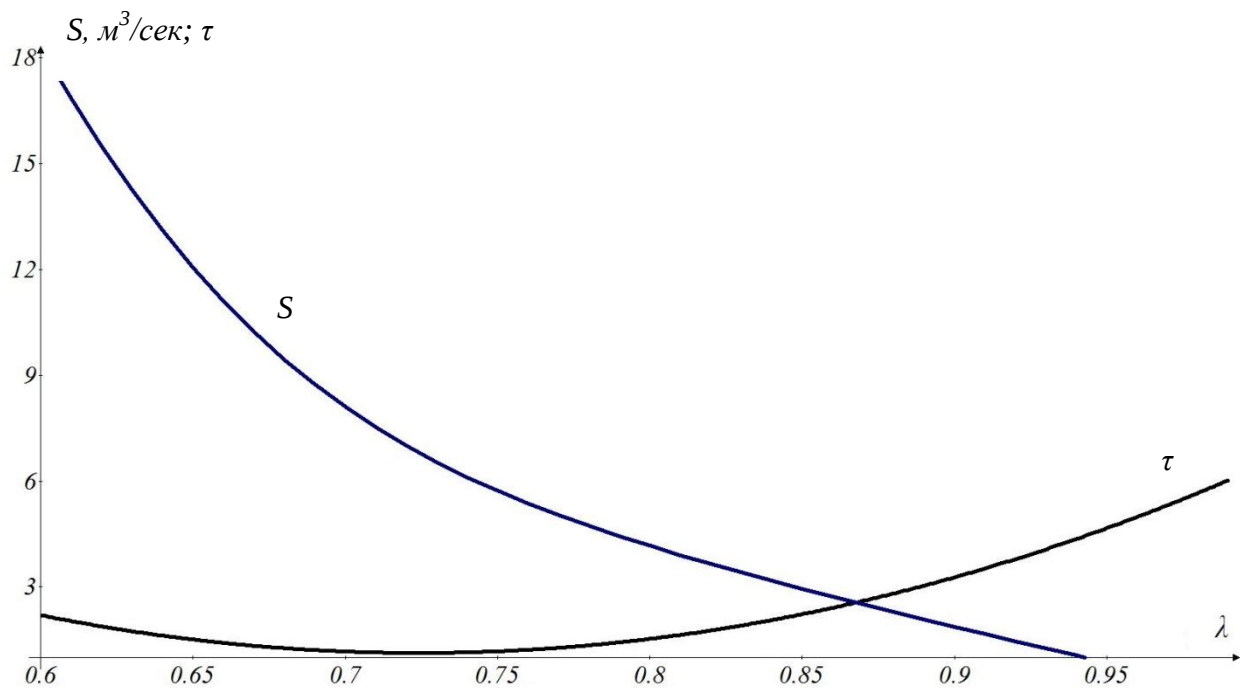


Рис.5 Зависимости быстроты откачки и отношения давлений от относительного диаметра МВН

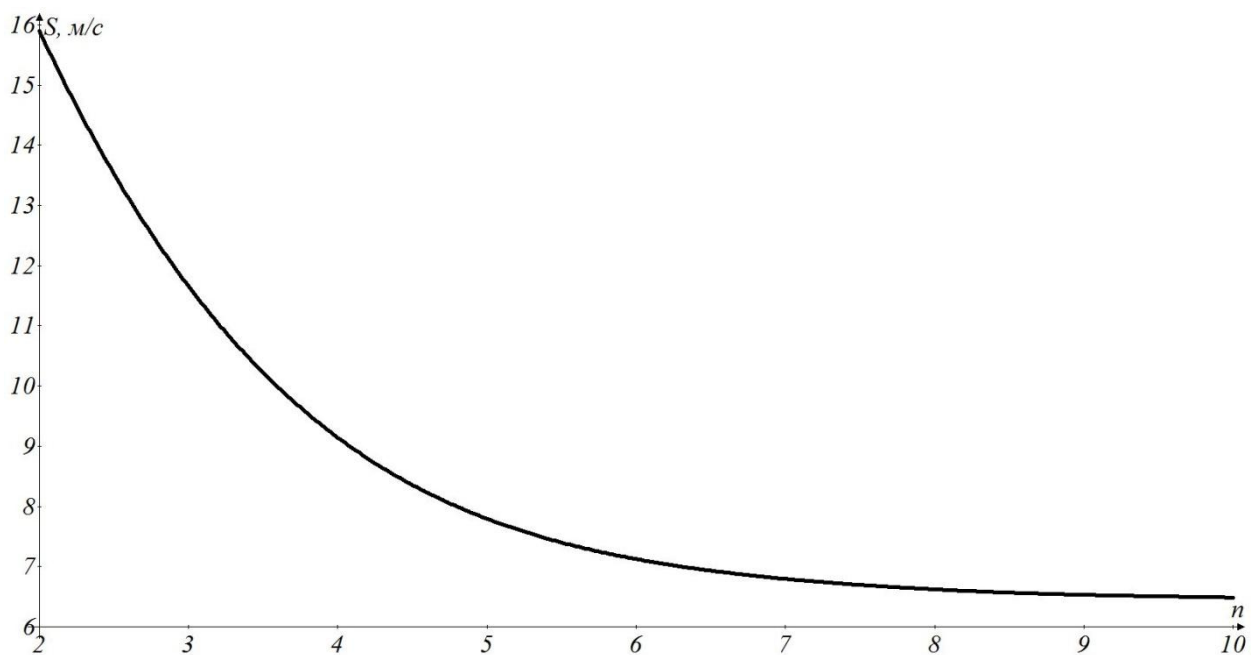


Рис.6 Зависимости быстроты откачки от числа заходов спирали

Заключение

Анализируя полученные зависимости можно сделать вывод, что при проектировании оптимальной конструкции проточной части МВН (критерий оптимальности -

минимальный условный объем проточной части) рекомендуется выбирать выбранные управляющие параметры следующими: относительный диаметр λ в диапазоне от 0.85 до 0.95; угол наклона спирали α больше 80° , также заметим, что угол α практически не оказывает влияния на быстроту откачки МВН; значение окружной скорости прямо пропорционально максимальному отношению давлений и быстроте откачки, поэтому ее целесообразно выбирать максимально большой, исходя из условий прочности ротора, оптимальное число заходов спирали $n=3$.

Список литературы

1. Демихов К.Е., Никулин Н.К. Оптимизация высоковакуумных механических насосов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 255 с.
2. Демихов К.Е., Очков А.А. Математическая модель процесса откачки газа цилиндрическим молекулярным вакуумным насосом в широком диапазоне давлений // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 200-209. DOI: [10.7463/1214.0748304](https://doi.org/10.7463/1214.0748304)
3. The Vacuum Technology Book. Volume II. GmbH: Pfeiffer Vacuum, 2013.
4. Giors S., Colombo E., Inzoli F., Subba F., Zanino R. Computational fluid dynamic model of a tapered Holweck vacuum pump operating in the viscous and transition regimes. I. Vacuum performance // Journal of Vacuum Science and Technology. Part A. 2006. Vol. 24, no. 4. P. 1584-1591. DOI: [10.1116/1.2178362](https://doi.org/10.1116/1.2178362)

Various Parameters of the Flowing Part of a Cylindrical Molecular Vacuum Pump Effecting on Its Characteristics

K.E. Demikhov¹, A.A. Ochkov^{1,*},
A. Polezhaev¹

* aochkov@bmstu.ru

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: molecular vacuum pump, pumping speed, calculation program, optimization

In the context of modern industry the molecular vacuum pumps (MVP) are widely used. The analyzed current market of vacuum technology enables drawing a conclusion that this equipment holds one of the leading positions among the high-vacuum facilities of pumping due to their advantages such as insensitivity to the atmosphere breakthrough, ability to pump out heavy gases quickly, rapid start-up time, and oil-free pumping.

The earlier developed authors' mathematical model and calculation program are used to assess the influence efficiency of the key geometrical parameters of flowing part of the cylindrical molecular pump on its main characteristics. The obtained dependences allow us to solve a relevant, but not completely resolved as yet problem of optimizing the high-vacuum pumping facilities in case of their operation in a wide range of pressures on the suction side.

The paper presents graphs of the pumping speed and ratio of the cylindrical vacuum molecular pump pressures versus various parameters of the flowing part, such as the angle of inclination of the helix, the relative diameter and the number of helical starts. Conclusions are drawn.

References

1. Demikhov K.E., Nikulin N.K. *Optimizatsiya vysokovakuumnykh mekhanicheskikh nasosov* [Optimization of high-vacuum mechanical pumps]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010. 255 p. (in Russian).
2. Demikhov K.E., Ochkov A.A. Mathematical Model of Pumping Gas Process by the Cylindrical Molecular Vacuum Pump in the Wide Range of Pressures. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2014, no. 12, pp. 200-209. DOI: [10.7463/1214.0748304](https://doi.org/10.7463/1214.0748304) (in Russian).

3. The Vacuum Technology Book. Volume II. GmbH: Pfeiffer Vacuum, 2013.
4. Giors S., Colombo E., Inzoli F., Subba F., Zanino R. Computational fluid dynamic model of a tapered Holweck vacuum pump operating in the viscous and transition regimes. I. Vacuum performance. *Journal of Vacuum Science and Technology Part A*, 2006, Vol. 24, iss. 4, pp. 1584-1591. DOI: [10.1116/1.2178362](https://doi.org/10.1116/1.2178362)