

ПОСТРОЕНИЕ КОМПРОМИССНОЙ КРИВОЙ «РЕСУРС–КПД» ДЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛП-ТАУ ПОИСКА

А.А. Протопопов

proforg6@yandex.ru

С.М. Якович

s29yakovich9a@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Построена компромиссная кривая для нахождения оптимального соотношения частоты и осевого зазора. Для нахождения точек этой кривой применен метод ЛП-тау поиска

Ключевые слова

Центробежный насос, лопатка, ротор, кавитационный запас, частота вращения насоса

Поступила в редакцию 26.03.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

К основным характеристикам центробежных насосов, как и многих других механизмов, относят ресурс и коэффициент полезного действия (КПД). Зачастую это два конкурирующих параметра: повышая первый, вторым приходится жертвовать. Необходимо найти компромиссное решение, чтобы при выбранном значении одного параметра второй был максимален.

Решение поставленной задачи совсем нетривиально, учитывая, что на данные характеристики оказывают влияние множество параметров. Для конкретизации решения данной проблемы будем рассматривать на примере малорасходного центробежного насоса с переключающим клапаном, который используют в системе терморегулирования на Международной космической станции.

На ресурс и КПД такого насоса, помимо прочих параметров, заметное влияние оказывают осевой зазор между рабочим колесом и корпусом отвода, а также частота вращения ротора насоса. Определение итоговой зависимости вызывает некоторые трудности, так как оба критерия являются весомыми, и определить для них весовые коэффициенты не представляется возможным. Поэтому было принято решение использовать ЛП-тау поиск, поскольку этот метод не предполагает точного определения целевой функции.

Следует отметить, что существующие методики поиска компромисса между ресурсом и КПД [1–5] ориентируются на малые частоты вращения вала насоса, что создает большие погрешности при расчете по ним высокооборотного малорасходного насоса.

Метод ЛП-тау поиска генерирует точки квазислучайным образом в указанном интервале для двух параметров. Для выбранного насоса осевой зазор a может варьироваться от 0,5 до 1,5 мм, частота вращения ротора n — от 3000 до 8000 об/мин. Тогда поле генерирования и область рабочих точек представляет собой прямоугольник (рис. 1). Для большего удобства полученные данные сведены в табл.

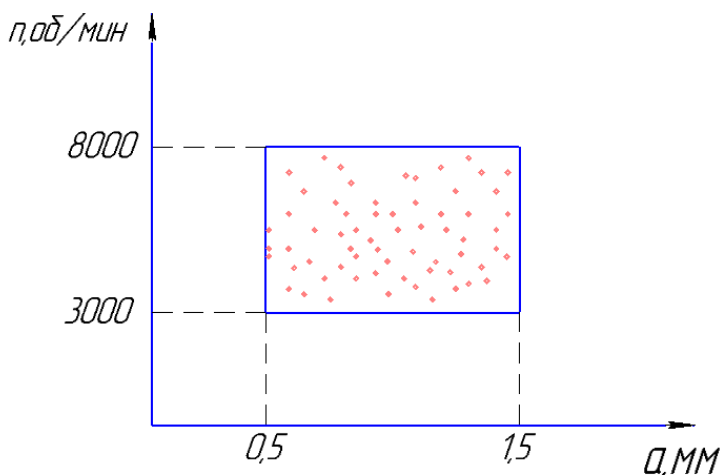


Рис. 1. Область генерирования расчетных точек методом ЛП-тау поиска

Расчетные точки, полученные с помощью метода ЛП-тау поиска

Номер точки	Осевой зазор a , мм	Частота вращения ротора n , об/мин	Номер точки	Осевой зазор a , мм	Частота вращения ротора n , об/мин
1	1	5500	33	1,015625	4484,375
2	0,75	6750	34	0,765625	3234,375
3	1,25	4250	35	1,265625	5734,375
4	0,625	6125	36	0,640625	5109,375
5	1,125	3625	37	1,140625	7609,375
6	0,875	4875	38	0,890625	6359,375
7	1,375	7375	39	1,390625	3859,375
8	0,5625	7687,5	40	0,578125	4171,875
9	1,0625	5187,5	41	1,078125	6671,875
10	0,8125	3937,5	42	0,828125	7921,875
11	1,3125	6437,5	43	1,328125	5421,875
12	0,6875	4562,5	44	0,703125	6046,875
13	1,1875	7062,5	45	1,203125	3546,875
14	0,9375	5812,5	46	0,953125	4796,875
15	1,4375	3312,5	47	1,453125	7296,875
16	0,53125	5656,25	48	0,56875	4328,125
17	1,03125	3156,25	49	1,046875	6828,125
18	0,78125	4406,25	50	0,796875	5578,125
19	1,28125	6906,25	51	1,296875	3078,125
20	0,65625	3781,25	52	0,671875	7453,125
21	1,15625	6281,25	53	1,171875	4953,125
22	0,90625	7531,25	54	0,921875	3703,125
23	1,40625	5031,25	55	1,421875	6203,125
24	0,59375	5343,75	56	0,609375	6515,625
25	1,09375	7843,75	57	1,109375	4015,625
26	0,84375	6593,75	58	0,859375	5265,625
27	1,34375	4093,75	59	1,359375	7765,625

Номер точки	Осовой зазор a , мм	Частота вращения ротора n , об/мин	Номер точки	Осовой зазор a , мм	Частота вращения ротора n , об/мин
28	0,71875	7218,75	60	0,734375	3390,625
29	1,21875	4718,75	61	1,234375	5890,625
30	0,96875	3468,75	62	0,984375	7140,625
31	1,46875	5968,75	63	1,484375	4640,625
32	0,515625	6984,375	64	0,5078125	6320,125

Каждой точке соответствуют определенные значения ресурса и КПД, которые получим из [3]. После расчетов построим распределение всех расчетных точек в координатах $T(\eta)$.

Основываясь на данных рис. 2, строим компромиссную кривую, исходя из следующих положений: при одинаковых значениях одного параметра «выигрышной» считается точка с наибольшим значением второго. Поэтому компромиссная кривая «ресурс–КПД» должна проходить через эти «выигрышные» точки (рис. 3).

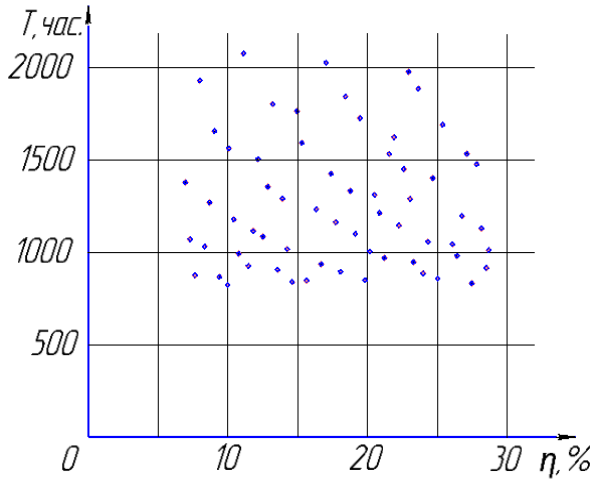


Рис. 2. Распределение расчетных точек, полученных методом ЛП-тау поиска

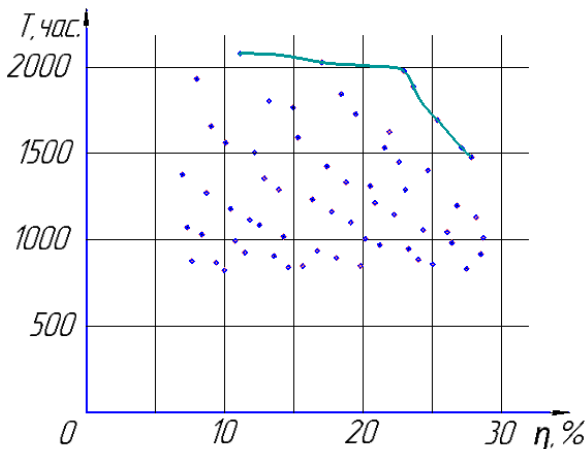


Рис. 3. Компромиссная кривая «ресурс–КПД»

Применение ЛП-тау последовательности эффективно для нахождения компромисса между параметрами ресурса и КПД при варьировании частоты вращения ротора и значения осевого зазора. Полученные результаты доказывают это утверждение: при рассмотрении 64 точек ЛП-тау последовательности семь из них вошли в множество Парето и образовали компромиссную кривую. Таким образом, предложенный метод можно рекомендовать при расчетах высокооборотных центробежных насосов.

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 16-01-00521, РНФ 16-19-10705.

Литература

1. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.
2. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. М.: «Машиностроение», 1966. 354 с.
3. Ломакин В.О., Артемов А.В., Петров А.И. Определение влияния основных геометрических параметров отвода насоса НМ 10000-210 на его характеристики // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 8. С. 71–84.
URL: <http://old.technomag.edu.ru/doc/445666.html> DOI: 10.7463/0812.0445666
4. Ломакин В.О., Петров А.И. Верификация результатов расчета в пакете гидродинамического моделирования STAR-CCM+ проточной части центробежного насоса АХ 50-32-200 // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 5. С. 6–9.
5. Ломакин В.О., Петров А.И., Шербачев П.С. Разработка бокового полуспирального подвода с увеличенным моментом скорости на входе в рабочее колесо // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 5. С. 3–5.

Протопопов Александр Андреевич — ассистент кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Якович Станислав Марьянович — студент кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — В.О. Ломакин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

PLOTTING A RESOURCE–ENERGY CONVERSION EFFICIENCY COMPROMISE CURVE FOR A CENTRIFUGAL PUMP USING A SEARCH METHOD BASED ON SOBOL SEQUENCES

S.M. Yakovich

s29yakovich9a@mail.ru

A.A. Protopopov

proforg6@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

We suggest plotting a compromise curve (Pareto frontier) to find the optimum ratio of frequency to axial clearance. We used a search method based on Sobol sequences to find the points constituting this curve

Keywords

Centrifugal pump, blade, rotor, positive suction head, flow rate, mathematical model, hydraulic head, rotational speed of a pump

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Cherkasskiy V.M. Nasosy, ventilyatory, kompressory [Pumps, ventilators, compressors]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1984. 416 p. (in Russ.)
- [2] Lomakin A.A. Tsentrobezhnye i osevye nasosy [Impeller and propeller pumps]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1966. 354 p. (in Russ.)
- [3] Lomakin V.O., Artemov A.V., Petrov A.I. Determining the impact of basic geometric parameters drain pump NM 10000-210 on its performance. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education. BMSTU], 2012, no. 8, pp. 71–84.
URL: <http://old.technomag.edu.ru/doc/445666.html>
DOI: 10.7463/0812.0445666
- [4] Lomakin V.O., Petrov A.I. Verification of the calculation results using hydrodynamic modeling package STAR-CCM + for flow channel of the centrifugal pump AX 50-32-200. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2012, no. S, pp. 6–9. (in Russ.)
- [5] Lomakin V.O., Petrov A.I., Shcherbachev P.S. Development of a side semi spiral inlet unit with increased fluid velocity at the impeller entry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2012, no. S, pp. 3–5. (in Russ.)

Protopopov A.A. — Assistant Lecturer of Fluid Mechanics, Hydraulic Machines and Hydraulic and Pneumatic Automation Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Yakovich S.M. — student of Fluid Mechanics, Hydraulic Machines and Hydraulic and Pneumatic Automation Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — V.O. Lomakin, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor of Fluid Mechanics, Hydraulic Machines and Hydraulic and Pneumatic Automation Department, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.