

УДК 67.05

*Разжапов Икромжон Тўхтасинович, старший преподаватель  
Наманганский инженерно-технологический институт*

## **ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ИЗ КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ С ВЕСОВЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

*Аннотация:* обсуждается вопрос при необходимости проводить оптимизацию по нескольким критериям необходимо либо находить Парето множество, либо составлять целевую функцию из критериев оптимизации с весовыми коэффициентами для каждого критерия. В большинстве случаев при оптимизации проточных частей центробежных насосов достаточно экспертной оценки полученного множества Парето, и такой метод использован в большинстве приведённых в работе примеров применения предлагаемого метода расчета.

*Ключевые слова:* центробежный насос, оптимизация, целевая функция, отклонение, гидродинамический шум

*Razharpov Ikromjon Tukhtasinovich, senior lecturer  
Namangan Engineering Technological Institute*

## **OBJECTIVE FUNCTION FROM OPTIMIZATION CRITERIA WITH WEIGHT COEFFICIENTS**

*Abstract:* the question is being discussed, if it is necessary to carry out optimization according to several criteria, it is necessary either to find the Pareto set, or to compose the objective function from the optimization criteria with weight coefficients for each criterion. In most cases, when optimizing the flow paths of centrifugal pumps, an expert assessment of the obtained Pareto set is sufficient, and this method is used in most of the examples of the application of the proposed calculation method given in the work.

*Key words:* centrifugal pump, optimization, objective function, deviation, hydrodynamic noise

В качестве примера применения целевой функции рассмотрена оптимизация малошумного многоступенчатого герметичного насоса с тремя

критериями оптимизации: отклонение от заданных значений напора, кавитационные качества и пульсации давления, вызывающие гидродинамический шум.

Наряду с вышеуказанными критериями оптимизации в данном случае использовался критерий, характеризующий интенсивность пульсаций давления на входе в направляющий аппарат (Рисунок 1):

$$P_i = 20 \lg \left( \frac{A_i}{2 \cdot 10^{-5}} \right),$$

где  $A$  – амплитуда пульсаций давления заданной частоты на входе в направляющий аппарат.

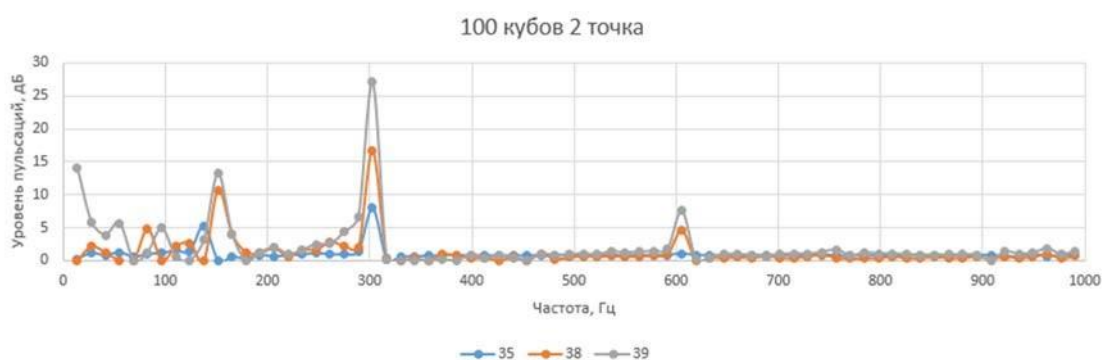


Рисунок 1. Разложение в спектр сигнала пульсаций давления

В результате расчета 32 моделей по ЛП-тау алгоритму оптимизации получается следующая таблица результатов (все критерии приведены к безразмерному виду) (Таблица 1).

Таблиц

а 1. Результаты оптимизации насоса по четырем критериям

№ модели	$K_{1H}, \%$	$K_{2H}, \%$	$C_{\text{кав}}, \%$	$P, \%$
0	4,46	309	4,14	12,1
1	4,65	114	22,1	14,8
...				
31	16,5	15,8	21,5	6,37

При небольшом количестве рассчитанных моделей есть возможность выбрать наилучший вариант, проанализировав таблицу результатов.

Другим вариантом является введение целевой функции с весовыми коэффициентами для каждого критерия:

$$L=L_H K_{1H}+L_H K_{2H}+L_{\text{кав}} C_{\text{кав}} +L_P P$$

Для различных значений коэффициентов в зависимости от конкретных требований к насосу можно выбрать различные проточные части (Таблица 2).

Таблица 2. Выбор различных проточных частей в зависимости от значений весовых коэффициентов

Значение весовых коэффициентов			Номер модели с мин. ЦФ	Значение ЦФ	Значение критериев оптимизации			
L	L <sub>кав</sub>	L			L	K	K	C <sub>кав</sub>
1	0,1	0,1	22	15,0	1,86	11,52	2,21	14,1
0.1	1	0.1	22	4,96	1,86	11,52	2,21	14,1
0.1	0.1	1	31	11,7	16,55	15,826	21,40	6,34

Выбор критериев оптимизации также определяет используемую математическую модель в процессе расчета проточных частей. Во многих случаях нет необходимости использовать требующую существенных вычислительных ресурсов нестационарную модель.

Таблиц

а 3. Выбор используемой математической модели в зависимости от выбранных критериев оптимизации

Стационарный расчет	Нестационарный расчет
Гидравлический КПД вблизи оптимума	Виброакустические свойства
Статические нагрузки в оптимальном режиме	Нестационарные нагрузки
Напор вблизи оптимума	Напор, КПД, нагрузки в режимах

Критерий кавитации	вдали от оптимального
--------------------	-----------------------

После выбора критериев оптимизации необходимо определиться с параметрами. Как уже говорилось, сложность состоит в том, что проточная часть насоса имеет очень много варьируемых геометрических параметров, и в процедуру оптимизации необходимо вовлекать только те из них, которые оказывают наибольшее влияние на выбранные критерии.

Возможно использование двух способов выбора параметров оптимизации:

1. экспертная оценка на основе опыта проектирования и расчета первоначальной проточной части;
2. оценка влияния параметров на критерии оптимизации расчетным путем.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

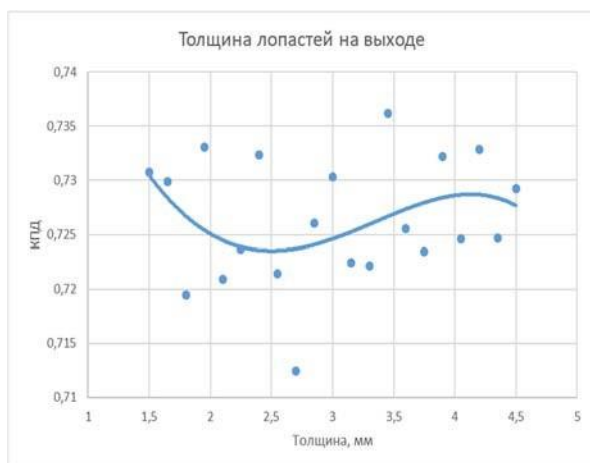
При постановке задачи оптимизации лучше всего комбинировать два этих подхода. При использовании второго подхода необходимо рассчитать некоторое количество проточных частей, изменяя только один параметр и так для каждого потенциального параметра оптимизации.

Ниже приведены два графика полученные для насоса низкой быстроходности иллюстрирующие такой подход (Рисунок 2).

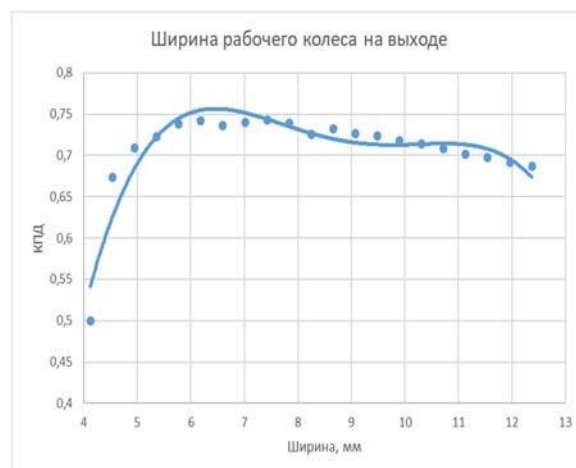
Видно, что влияние ширины колеса гораздо существенней, поэтому она выбрана в качестве одного из критериев оптимизации.

Существенную сложность в процессе оптимизации проточной части методом численного моделирования представляет создание 3D-моделей проточной части.

При отсутствии программных кодов для построения элементов проточной части (как в случае отводящего устройства с разделительным ребром) возникает необходимость создания собственных средств для получения исходных для моделирования моделей.



а



б

Рисунок 2. Влияние толщины лопасти на выходе из рабочего колеса (а) и ширины на выходе из канала рабочего колеса (б) на гидравлический КПД

### Литература

1. Комплексная оптимизация проточной части герметичного насоса методом ЛП-тау поиска. // В.О.Ломакин [и др.] Насосы. Турбины. Системы. 2016. №1(18). С.12-15.
2. Ломакин В.О., Черемушкин В.А. Теоретическое описание и численное моделирование работы гидродинамической муфты // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2016. № 3. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/835325.html>
3. Н.Ю. Шарипбаев, М.Тургунов, Моделирование энергетического спектра плотности состояний в сильно легированных полупроводниках, Теория и практика современной науки №12(42), 2018 с.513-516
4. Н.Ю. Шарипбаев, Ж Мирзаев, ЭЮ Шарипбаев, Температурная зависимость энергетических щелей в усказонных полупроводниках, Теория и практика современной науки, № 12(42), 2018 с. 509-513
5. М. Тулкинов, Э. Ю. Шарипбаев, Д. Ж. Холбаев. Использование солнечных и ветряных электростанций малой мощности. "Экономика и социум" №5(72) 2020.с.245-249.