

5. Дегтярева О.А. Аппроксимация гладких плотностей вероятности в ортогональных базисах, определенных на полуоси: Труды международного симпозиума "Надежность и качество-2007" – Пенза: ПГУ, 2007 – С. 180-184

6. Прохоров С.А., Дегтярева О.А. Автоматизированная система аппроксимативного анализа законов распределения случайных процессов. Вестник Самарского государственного технического университета. Выпуск 33. Серия "Технические науки" – Самара: СамГТУ, – 2005. – С. 335-340

7. Валник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. – М.: Наука, 1979. – 448 с.

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАСИТЕЛЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЙ

П.В. Аболмасов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

### *Введение*

Большое количество постановок технических или научных проблем можно сформулировать как задачу глобальной оптимизации (ГО). Не является исключением и задача выбора рациональных параметров гасителя пульсаций давления (ГПД) по критерию оценки среднего уровня акустической мощности, для решения которой можно использовать методы ГО целевой функции.

### *Описание физической модели гасителя пульсаций*

Идея понижения акустической мощности шума от гасителя пульсаций давлений (см. рис. 1) заключается в установке специальных шайб. Тогда полную акустическую мощность, генерируемую гасителем пульсаций давления, можно рассчитать как сумму мощности клапана и мощностей каждой шайбы ГПД:

$$W = W_1 + \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$



Рис. 1. Модель ГПД

Рассматривая процесс как адиабатический, а газ как идеальный, несложно вывести формулу для расчета акустической мощности [1].

В качестве оптимизируемых параметров функции акустического мощностного шума для  $i$ -й шайбы можно взять отношение давления после шайбы к давлению перед ней  $x_i = \frac{P_i}{P_{i-1}}$ .

### **Постановка задачи глобальной оптимизации для гасителя пульсаций давлений**

Задача выбора рациональных параметров ГПД представляется смешанной задачей параметрической и структурной оптимизации по критерию оценки среднего уровня акустической мощности. Задача структурной оптимизации сводится к определению количества шайб, необходимых для обеспечения требуемого уровня акустической мощности ГПД, и реализуется простым перебором различных вариантов компоновок ГПД по числу шайб. В общем случае задачу параметрической оптимизации можно поставить как задачу условной оптимизации:

$$W(x_1, x_2, \dots, x_N) \rightarrow \min_{x_1, x_2, \dots, x_N} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_i \in [0; 1], & i = 1, \dots, N \\ x_1 > x_2, \\ \dots \\ x_{N-1} > x_N. \end{cases} \quad (4)$$

Ограничения (4) возникают из физических соображений и определяют достаточно сложную допустимую область задачи оптимизации. Однако, введя следующую замену переменных:

$$\begin{cases} y_i \in [0; 1], & i = 1, \dots, N \\ \lambda_i = \prod_{j=1}^i y_j \end{cases} \quad (5)$$

можно поставить задачу условной глобальной оптимизации как задачу безусловной на единичном гиперкубе  $D_0 = \bigotimes_{i=1}^n [0; 1]$ :

$$W(y_1, y_2, \dots, y_N) \rightarrow \min_{y_1, y_2, \dots, y_N} \quad (6)$$

### **Описание алгоритма глобальной оптимизации**

В процессе поиска рациональных параметров ГПД использовалась параллельная модификация алгоритма двоичного деления [2]. Алгоритм совмещает методы глобальной и локальной оптимизации. Данный алгоритм относится к точным методам ГО – это означает, что можно с некоторой

вероятностью гарантировать нахождение глобального оптимума [3]. Исходная область разбивается на  $2^n$  равных областей, и в каждой области запускается алгоритм половинного деления на отдельном процессоре. В фазе ГО формируется неравномерное покрытие многомерными параллелепипедами допустимого множества  $D_0$  и список начальных приближений локальных минимумов. На каждом этапе деления осуществляется отсев бесперспективных областей по критерию Липшица с уточнением константы Липшица и рекордных значений. Этап ГО завершается при достижении заданного минимального размера параллелепипеда. По завершении этапа ГО списки начальных приближений собираются на одном процессоре и переупорядочиваются по значению функции. На фазе ЛО из каждой точки списка начальных приближений на отдельном процессоре запускается метод деформированных многогранников [4].

### *Результаты экспериментов*

Эксперименты проводились на суперкомпьютерном кластере СГАУ «Сергей Королев». Кластер построен на базе линейки оборудования IBM BladeCenter с использованием блейд-серверов HS22 и обеспечивает пиковую производительность более 10 триллионов операций с плавающей точкой в секунду. Общее число процессоров/вычислительных ядер: 272/1184.

Расчеты проводились с числом шайб от 2 до 7. В табл. 1 представлены результаты работы алгоритма глобальной оптимизации. На рис. 2 приведена гистограмма с распределением количества выполненных обращений к функции на каждом процессоре, из которой видно, что загрузка процессоров неравномерна. Это обусловлено особой формой области допустимых значений  $X$ , где функция  $W$  имеет физический смысл, и особенностью самого алгоритма, что снижает общее ускорение от распараллеливания. Более того, в ходе экспериментов выяснилось, что топология функции  $W(x_1, x_2, \dots, x_n)$  зависит от количества шайб: для 2 шайб имеется 2 минимума, для 5 — 8, для 7 — 4.

График с найденными оптимальными значениями сечений клапана и шайб в процентах от сечения трубы приведен на рис. 3. Из рисунка видно, что, не считая переходного участка от клапана к первой шайбе, оптимальные проходные сечения шайб линейно увеличиваются от сечения к сечению. Причем угол наклона линейного участка уменьшается с увеличением числа шайб. Оптимальные значения уровней акустической мощности в ГПД в зависимости от числа шайб изменяются так, как это показано на рис. 4. Из рисунка видно, что график монотонно убывает и при количестве шайб больше 7 наблюдается явно выраженный пологий участок.

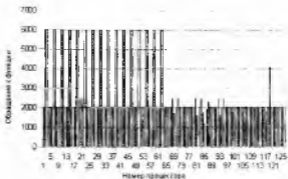


Рис 2. Распределение нагрузки по процессорам

Таблица 1. Время работы алгоритма

Число шайб	Кол-во выч. функций	Время работы в.т. с	Кол-во лок. минимумов	Кол-во исп. проц	Ускорение
2	156	0,095	2	16	6,23
3	404	0,278	4	32	8,92
4	1088	0,500	2	64	26,69
5	12769	1,410	8	128	34,93
6	44684	8,153	4	256	67,13
7	357191	208,560	4	512	128,61

### Заключение

В данной работе построена физическая модель ГПД. С помощью модифицированного алгоритма половинного деления проведено исследование ГПД в зависимости от количества и диаметра сечений шайб. Найдены рациональные пропорции значений проходных сечений шайб в диапазоне от двух до семи шайб и соответствующие им значения акустического шума. Показано, что критерий  $W$  имеет сложную структуру с узкой областью допустимых значений и несколькими локальными экстремумами.

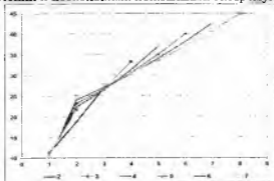


Рис. 3. Относительные сечения клапана и шайб в процентах от сечения трубы

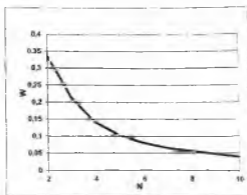


Рис. 4. Зависимость оптимального значения  $W$  от количества шайб

#### Список использованных источников

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. — Издание 4-е, стереотипное. — М.: Наука, 1988. — Т. VI. Гидродинамика. — 736 с.
2. Евтушенко Ю.Г., Ратькин В.А. Метод половинных делений для глобальной оптимизации функции многих переменных // Техническая кибернетика – 1987. – № 1 – С. 119-127.
3. Коварцева А.Н., Попова-Коварцева Д.А. К вопросу об эффективности параллельных алгоритмов глобальной оптимизации функций многих переменных // Компьютерная оптика. 2011. – Т. 35. – № 2. – С. 256 – 262.
4. J.A. Nelder, R. Mead. A simplex method for function minimization. Computer Journal. – 1965. – vol 7. – P. 308—313.

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КЛЕТОЧНЫХ СУСПЕНЗИЙ МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

С.А. Акулов, Р.Ю. Дорошенко

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В данной работе предлагается оценить жизнеспособность клеточных суспензий посредством измерения параметров их электрических свойств. Электрические свойства суспензий могут быть представлены интерпретацией их биоэлектрического импеданса в широком диапазоне частот. Известно, что при снижении численности активных клеток отмечается увеличение