

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НАЧАЛЬНОЙ КАВИТАЦИИ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ

ТИМУШЕВ С. Ф., д.т.н., ФЕДОСЕЕВ С. Ю., студент
НИЦ ИТ МАИ, Кафедра 202, Московский авиационный институт (МГТУ), Москва, Россия

Проведено численное моделирование параметров трехмерного потока на входе в центробежный насос в широком диапазоне подач. Показана возможность определения коэффициента начальной кавитации на входе центробежного насоса с использованием ПО [FlowVision](#). Сравнение с опубликованными экспериментальными данными позволяет сделать вывод, что подобный метод может быть использован при оптимизации проточной части методом вычислительного эксперимента с целью улучшения антикавитационных качеств центробежных насосов.

Центробежные насосы являются одним из наиболее распространенных в мире видов промышленного оборудования. Одним из основных факторов, ограничивающих рост ресурса насосного оборудования, является кавитационная эрозия. Современные экспериментальные данные показывают, что, несмотря на достаточный кавитационный запас, который задается на основе существующей методологии расчета и проектирования насосов, кавитационный износ рабочих органов возникает вследствие неоднородности параметров трехмерного турбулентного потока и стохастических пульсаций давления во входном устройстве насоса.

В этой связи задача определения режима начала кавитации в центробежных насосах методом вычислительного эксперимента становится актуальной, поскольку позволяет привлечь к проблеме повышения антикавитационных качеств центробежных насосов современные методы вычислительной гидродинамики.

Начало кавитации в насосе характеризуется кавитационным запасом, который представляет собой разность полной удельной энергии жидкости на входе в насос и удельной энергии, подсчитанной по давлению насыщенного пара рабочей жидкости

$$\Delta h_{\text{кав}} = \frac{p_{0_{\text{кав}}} - p_s}{\rho} \quad (1)$$

или коэффициентом кавитации,

$$\lambda_{\text{кав}} = \frac{p_{\text{кав}} - p_s}{\rho w_{\text{ср}}^2 / 2} \quad (2)$$

Где удельная статическая энергия отнесена к кинетической энергии потока на входе рабочего колеса в относительном движении. Относительная скорость движения рабочей среды в формуле (2) взята как среднее значение на среднем радиусе входной кромки рабочей лопатки.

Впервые опубликованное обобщение экспериментальных данных приведено в [1], где зависимость коэффициента начала кавитации, подсчитанного по относительной скорости на периферийном входном диаметре показана в широком диапазоне расходного параметра для лопастных насосов разного типа и плоских решеток профилей (Рис.1).

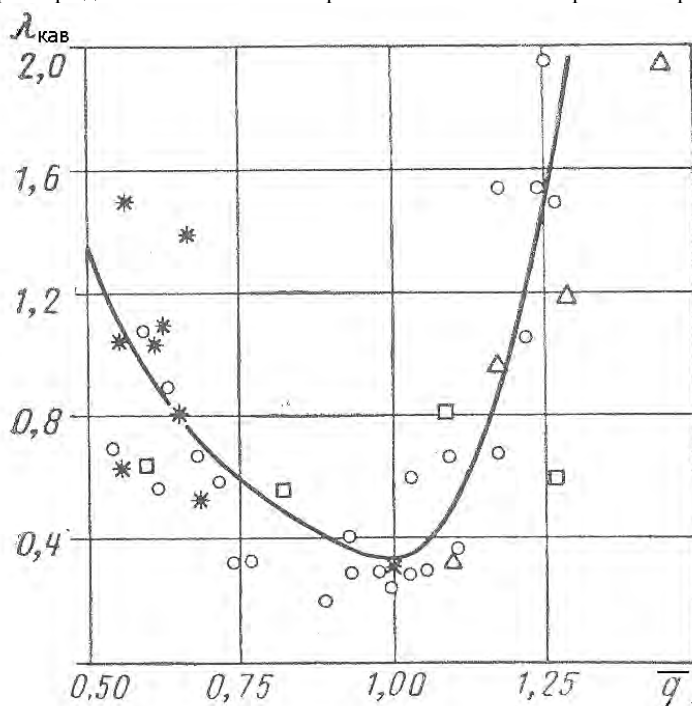


Рис. 1- Коэффициент начальной кавитации от расхода по данным [1]

В данной работе применяется метод численного эксперимента, дающий все необходимые параметры потока для вычисления кавитационного запаса на режиме начала кавитации, который экспериментально определяется на оптимальном режиме по измерению высокочастотного шума и вибрации.

Ниже приведены основные характеристики девяти одинаковых ПК на которых производился расчет.

Процессор	Intel® Core2 Quad CPU Q8300 @ 2.50 GHz
ОЗУ	4 Гб
Сетевая карта	D-Link Wireless 108G DWA-520 Desktop
Операционная система	Windows 7 максимальная (64-разрядная)
Видео карта	GeForce 9500 GT

Численное моделирование производилось при использовании программного комплекса FlowVision 2.5 установленного на всех 9 машинах в классе. Сервер лицензий был установлен на отдельной машине, расположенной в другом помещении и имеющей доступ по сети к компьютерному классу. Все взаимодействие между программами-клиентами и менеджером лицензий осуществлялось через 100 мегабитный роутер.

В качестве объекта исследования взят экспериментальный водяной насос (Рис.1) с частотой вращения 3000 об/мин и расчетным расходом 0.049 м³/с, спроектированный в Калужском филиале МГТУ им. Баумана

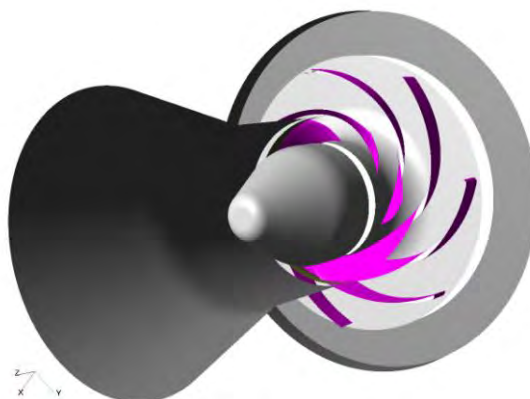


Рис.2 – Трехмерная модель экспериментального насоса в изометрии

При расчете приняты следующие значения основных параметров модели: Модель несжимаемой жидкости для всех трех подобластей (Подвод, Колесо, Отвод) Опорные величины: абсолютное значение температуры 273К и Абсолютное давление 0 Па для всех трех подобластей.

Граничные условия для первой подобласти (подвод):

- А) Полное давление на входе 80 334 Па
- Б) Стенка, имитирующая подводящую к насосу воду трубу
- В) Для развитой втулки, имитирующей проходной вал выбрано граничное условие вращающаяся стенка.

Г) На выходе из подобласти установлено граничное условие скользящая поверхность связанное с ответной скользящей поверхностью на вращающемся колесе (вторая подобласть).

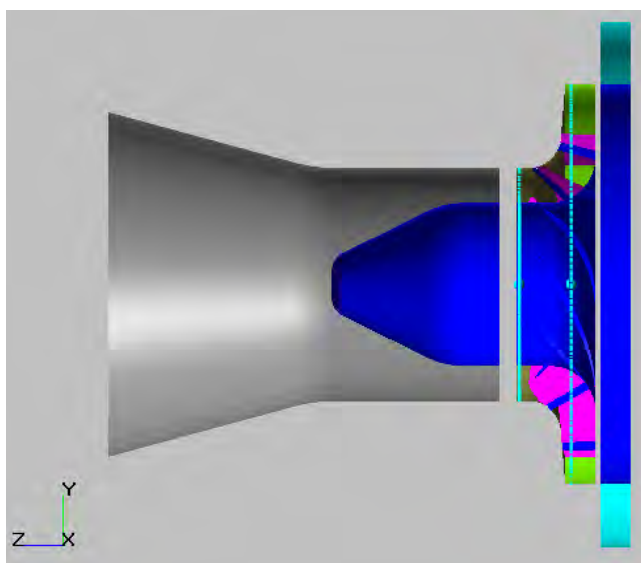


Рис.3 – Три подобласти расчетной модели экспериментального насоса

Граничные условия для второй подобласти(колесо):

- А) Вся подобласть центробежного колеса вращается с частотой 3000 об/мин

- Б) Ответная часть втулки задана как стенка.
- В) Небольшой участок продолжения подвода задан граничным условием стенки.
- Г) Лопатки центробежного насоса заданы граничным условием вращающаяся стенка.
- Д) на выходе из подобласти установлена скользящая поверхность связанная, с ответной поверхностью в подобласти отвода

Граничное условие на третьей подобласти (Подобласти отвода)

А) подобласть ограничена стенкой.

Б) На выходе задана нормальная компонента скорости, которая определяет расход через насос.

- 1) Общее число ячеек 580 696, из них расчетных 271 476 (
- 2) Шаг по времени задан фиксированный 0,00005 с
- 3) Физическое время расчета 0.14 с (7 оборотов колеса)

*Среднее процессорное время на прохождения одной итерации составляло около 28 с

Для фиксации результатов вычислений были созданы слои характеристик на входе в насос, вблизи втулки, а так же рядом с лопатками. Данные о среднем статическом давлении на этих слоях записывались в файл через каждые 20 итераций.

Осредненные данные получены также по скоростям потока. С учетом экспериментальных данных о режиме начала кавитации на оптимальном режиме по расходу эти расчетные данные дают возможность определить коэффициент начальной кавитации.

- Соответствующий график зависимости коэффициента начальной кавитации от относительного расхода показан на Рис.4. Сравнение полученных данных с экспериментальными точками на Рис.1 показывает, что расчетные величины лежат в пределах разброса экспериментальных данных.
- Некоторое увеличение коэффициента кавитации для оптимального режима объясняется тем, что при обобщении экспериментальных данных использовалась максимальная окружная (и относительная) скорость.

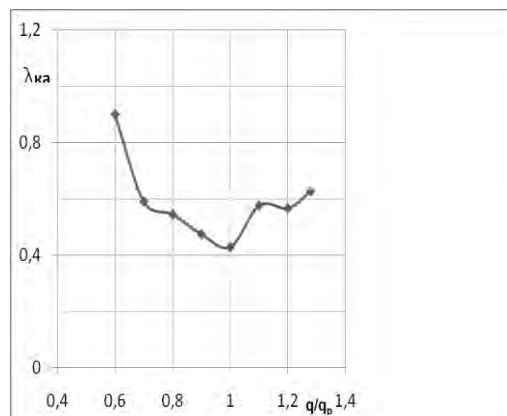


Рис.4 – Расчетная зависимость коэффициента начальной кавитации от относительного расхода

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Б.И., Ершов Н.С., Овсянников Б.В., Петров В.И., Чебаевский В.Ф., Шапиро А.С. Высокооборотные лопаточные насосы./Под ред. Овсянникова Б.В., Чебаевского В.Ф. М.: Машиностроение, 1975, 336 стр.