

10-я Международная научно-техническая конференция "ТЕРВИКОН-2002"
Украина, Сумы, 10-13 сентября 2002 г.

НЕМОДЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ С ОТКРЫТЫМИ КОЛЕСАМИ

DISSIMILAR ALTERATIONS IN FLOW PART AND THEIR EFFECT ON CHARACTERISTICS OF PUMPS WITH OPEN IMPELLERS

ИВАНЮШИН Аркадий Аркадьевич, к.т.н., зав. отд.,
ЛУГОВАЯ Светлана Олеговна, зав. лаб.,
ОЛЬШТЫНСКИЙ Павел Леонидович, м.н.с.,
ОАО «ВНИИАЭН», г. Сумы, Украина,

ШЕНДРИК Вера Викторовна, инженер,
Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина.

Abstract. Experimental data are considered concerning effect of dissimilar alterations (impeller turning, narrowing of impeller width at outlet, blades sharpening at outlet, widening and narrowing of volute) on characteristics of pumps with open impellers.

С 1995г. ВНИИАЭН разрабатывает и выпускает насосы типа СКО с рабочими колесами открытого типа для перекачивания технологических жидкостей в производствах сахарной промышленности. Насосы с открытыми рабочими колесами находят применения также в нефтяной и химической промышленности. Номенклатура насосов СКО в последнее время была значительно расширена, и охватывает подачи от 30 м³/ч до 400 м³/ч с напорами от 25 м до 100 м при частоте вращения от 1500 об/мин до 3000 об/мин.

Это – центробежные, горизонтальные, одноступенчатые насосы консольного типа, с осевым подводом и спиральным отводом. Разгрузка ротора от осевых сил осуществляется с помощью радиальных лопаток, расположенных со стороны ступицы рабочего колеса. Концевое уплотнение вала – комбинированное, представляет собой сочетание сальникового и гидродинамического уплотнения. В качестве гидродинамического уплотнения применяется импеллер с радиальными лопатками.

Довольно широкий диапазон насосов СКО, выпускаемых ВНИИАЭН обеспечивается тремя базовыми типоразмерами насосов благодаря использованию различных видов немодельных изменений, таких как:

- обточка рабочих колес по наружному диаметру;
- уменьшение ширины рабочих колес на выходе;
- затыловка лопастей на выходе рабочих колес;
- изменение проходного сечения спирального отвода.

Обточка рабочих колес по наружному диаметру

Для расширения номенклатуры выпускаемых насосов наиболее широко применяется обточка рабочих колес по наружному диаметру.

В информационных источниках довольно часто встречаются данные о влиянии уменьшения наружного диаметра в рабочих колесах закрытого типа на характеристики насосов. Существуют различные методики расчета, в частности наиболее часто применяемая методика А.И. Степанова [1], и предложенная в ИСО 9960:1999(E) [2]. Аналогичные данные и методики расчета при обточке рабочего колеса открытого типа в литературе не встречаются, а существующие экспериментальные данные не подтверждают расчеты, выполненные по методикам для закрытых колес.

Процесс передачи энергии в рабочих колесах открытого типа несколько отличается от процесса передачи энергии в рабочих колесах закрытого типа. Кроме того, в открытых рабочих колесах угол установки лопасти на выходе обычно находится в пределах $50^\circ - 90^\circ$, то следует предположить, что в рабочих колесах открытого типа влияние обточки наружного диаметра рабочего колеса на характеристики насоса будет несколько отличным. Следует добавить, что для получения необходимых параметров в насосах СКО применялась глубокая обточка наружного диаметра рабочего колеса – до 30%, тогда как в колесах закрытого типа рекомендуется применять обточку наружного диаметра лишь до 10%.

Накопленный опыт по обточке рабочих колес насосов СКО позволяет сделать некоторые выводы о влиянии данных немодельных изменений на характеристики насоса и предложить расчетные зависимости для прогнозирования напорной характеристики.

В данном случае рассмотрены результаты испытаний насосов с двумя типами открытых рабочих колес:

- рабочее колесо №1 (с цилиндрической лопастью), имеющее угол установки лопасти на выходе $\beta_2 = 75^\circ$. Число лопастей рабочего колеса $Z_{р.к.} = 8$;
- рабочее колесо №2 (с пространственной лопастью), имеющее угол установки лопасти на выходе $\beta_2 = 47^\circ$. Число лопастей рабочего колеса $Z_{р.к.} = 8$.

На рисунках 1 и 2 приведены обобщенные данные испытаний насосов с этими типами колес при обточке наружного диаметра до 30%.

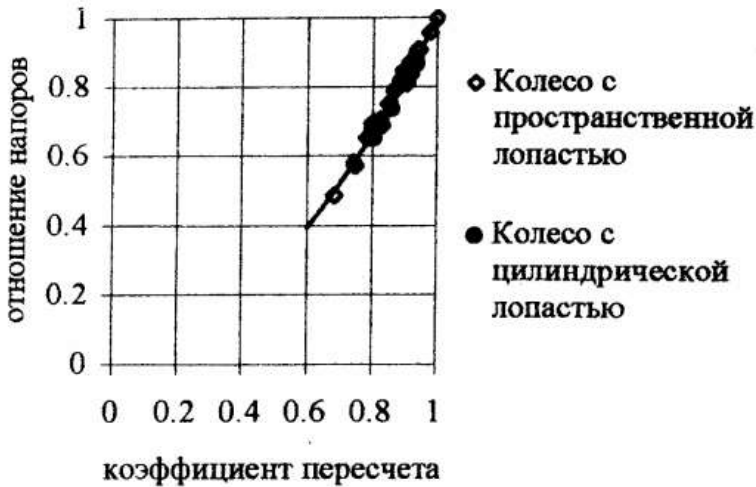


Рисунок 1 – Зависимость отношения напоров от коэффициента пересчета



Рисунок 2 – Зависимость отношения подач от коэффициента пересчета

В качестве коэффициента пересчета при обточке наружного диаметра было принято отношение, рекомендуемое ИСО 9960:1999(Е)

$$\lambda = \sqrt{\frac{(D_2^o)^2 - (D_1)^2}{(D_2^{max})^2 - (D_1)^2}}$$

где D_2^o - наружный диаметр рабочего колеса после обточки;

D_2^{max} - наружный диаметр рабочего колеса до обточки;

D_1 - диаметр рабочего колеса на входе.

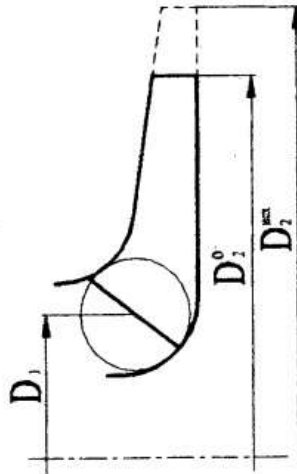


Рисунок 3 – Эскиз обточки рабочего колеса

Математическая обработка экспериментальных данных позволила определить степенные показатели для коэффициента пересчета.

Таким образом получены следующие закономерности при обточке рабочих колес открытого типа:

- для рабочих колес с цилиндрической лопастью:

$$H^o = \lambda^{1,83} \cdot H^{исх},$$

$$Q^o = \lambda^{0,62} \cdot Q^{исх},$$

- для рабочих колес с пространственной лопастью:

$$H^o = \lambda^{1,83} \cdot H^{исх},$$

$$Q^o = \lambda^{1,14} \cdot Q^{исх}.$$

Уменьшение ширины рабочего колеса на выходе

Известно, что для рабочих колес закрытого типа изменение ширины на выходе влияет на напорную и энергетические характеристики, а также на положение оптимальной подачи. Для рабочих колес открытого типа это влияние несколько иное [3].

Нами были проведены испытания насоса с рабочим колесом первого типа с зауженным b_2 . Результаты показали, что при уменьшении ширины рабочего колеса на выходе оптимум практически не смещается в сторону меньших подач. Напор уменьшился на величину, равную $\sqrt[3]{\left(\frac{b_2^{зауж}}{b_2^{исх}}\right)}$, а

к.п.д. уменьшился на величину, равную $\sqrt[3]{\left(\frac{b_2^{зауж}}{b_2^{исх}}\right)}$.

Затыловка лопастей на выходе

Экспериментальные данные показывают, что в рабочих колесах закрытого типа затыловка лопастей на выходе позволяет повысить напор на 3÷10 %. Испытания насосов с рабочими колесами открытого типа «№2», у которого угол установки лопасти на выходе $\beta_2 = 47^\circ$ показали, что затыловка лопастей повышает напор на 2 %. Незначительное увеличение напора объясняется тем, что для данных колес угол установки лопасти на выходе довольно большой, а толщина лопасти в окружном направлении невелика, поэтому затыловка позволяет увеличить угол и уменьшить толщину лопасти незначительно.

Изменение проходного сечения спирального отвода

При расширении диапазона работы насосов СКО необходимо было решить проблему значительного увеличения подачи насоса при использовании уже имеющегося корпуса с сохранением напора и к.п.д.

Для того, чтобы расширить в сторону больших подач диапазон работы уже имеющегося насоса необходимо увеличить пропускную способность отвода. Это может быть достигнуто путем подрезки языка спирального отвода до сечения, имеющего необходимую пропускную способность, определенную расчетным путем. Таким образом были созданы насосы СКО 300-60, СКО 80-25 на базе насосов СКО 150-60 и СКО 50-25 соответственно.

Была сделана попытка спрогнозировать характеристику насоса после расширения проходного сечения. Определив скорость течения потока в расчетном сечении спирального отвода насоса СКО 150-60 на оптимальной подаче, и, зная площадь нового расчетного сечения для насоса СКО 300-60, определили подачу, при которой будет такая же скорость в этом сечении. Кривая зависимости к.п.д. от подачи была смещена своим оптимумом на величину отношения найденной подачи для насоса СКО 300-60 к исходной оптимальной подаче насоса СКО 150-60. По смещенной кривой зависимости к.п.д. от подачи и исходной кривой зависимости мощности от подачи (опыт ВНИИАЭН показывает, что при неизменном рабочем колесе расширение или сужение расчетного сечения спирального отвода практически не влияет на мощностную характеристику) была найдена прогнозируемая напорная характеристика насоса СКО 300-60.

В результате увеличения зазора между рабочим колесом и подрезанным языком спирального отвода появилась возможность нарастить наружный диаметр рабочего колеса и увеличить напор насоса.

Испытания насосов СКО 300-60 и СКО 80-25 подтвердили спрогнозированные характеристики.

Заужение проходного сечения спирального отвода было применено для получения параметров $Q = 50$ м³/ч, $H = 80$ м на базе насоса СКО 100-100. Для этого в корпус насоса СКО 100-100 был вварен удлиненный язык, благодаря чему было получено расчетное сечение, имеющее необходимую пропускную способность.

Проектирование новых рабочих колес открытого типа

При создании новых насосов с открытыми колесами кафедры Прикладной гидроаэромеханики СумГУ предлагает использовать методику для проектирования открытых рабочих колес, созданную под руководством Н.К.Ржебаевой.

Для создания методики расчета насосов с открытыми рабочими колесами был проведен комплекс исследований.

Разработанная методика включает в себя два основных этапа:

- 1) приближенное определение геометрических размеров проточной части;
- 2) проверочный расчет, позволяющий определить энергетические показатели насоса и уточнить значения выбранных геометрических размеров.

Исходными данными для расчета являются требуемая подача, напор и частота вращения проектируемого насоса.

Методика расчета позволяет выбрать основные геометрические параметры проточной части, определить напор, создаваемый колесом, а также потери в насосе, к.п.д. и мощность насоса.

Апробация методики проведена при разработке насоса АХ 65-40-200К, предназначенного для химического предприятия МарыАзот (г. Мары, Туркмения). Сравнение результатов испытаний и расчетов показывает, что методика позволяет проектировать насосы с достаточной степенью точности.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Степанов А.И. Центробежные и осевые насосы. — М.: Машиз, 1960г.— 93 с.
2. ISO 9906:1999(E). Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1 and 2., — 43 с.
3. Матвеев И.В. и др. К выбору ширины на выходе открытого колеса с прямыми лопастями.//МВТУ им. Н.Э.Баумана. — М., 1986. — 13 с. — Деп. в ЦИТИХИМНЕФТЕМАШ, 1986.