

УДК 621.65

**РАСПИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
СВОБODНОВИХРЕВЫХ НАСОСОВ**

А. Г. Гусак, канд. техн. наук, доцент;
В. Ф. Герман, канд. техн. наук, доцент;
А. И. Котенко, канд. техн. наук, доцент;
С. М. Яхненко, канд. техн. наук, доцент,
 Сумский государственный университет,
 ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина

В данной работе авторами рассматривается вопрос изменения (доводки) параметров свободновихревых насосов путем различных подрезок рабочего колеса.

Ключевые слова: свободновихревой насос, подрезка рабочего колеса, наружный диаметр рабочего колеса, внутренний диаметр рабочего колеса, ширина лопатки рабочего колеса, напор, подача, коэффициент полезного действия.

ВВЕДЕНИЕ

На практике часто возникает необходимость изменения первоначальных параметров насоса до конкретно требуемых в процессе эксплуатации или имеет место случай, когда работа выбранного насоса не соответствует расчетному режиму по подаче и напору. При этом необходимо изменять режим работы насоса путем изменения его характеристики. Одним из возможных и широко применяемых способов изменения характеристики центробежного насоса является подрезка рабочего колеса (РК) по наружному диаметру D_2 [1; 2]. При подрезке колеса кривая характеристики насоса понижается и при некотором значении D_2 пройдет через заданную режимную точку B , которая лежит ниже характеристики насоса (рис. 1).

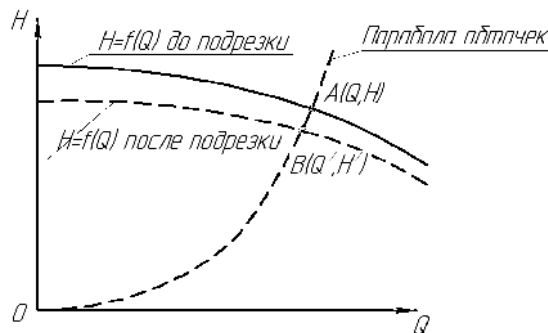


Рисунок 1 – Изменение характеристики насоса при подрезке РК

Данный способ изменения (доводки) параметров применяется и для свободновихревых насосов (СВН) [3; 4; 5]. Однако конструктивные особенности СВН позволяют проводить несколько видов подрезок рабочего колеса (РК): по наружному диаметру D_2 , внутреннему диаметру

D_1 , ширине лопатки b_2 , наклонную подрезку лопаток на входе и выходе колеса. Кроме того, изменение параметров СВН возможно и путем выдвижения РК в свободную камеру [3; 5; 6; 7]. При этом изменяется конструктивная схема насоса. Схема «Туго», в которой РК расположено в расточке задней стенки корпуса, преобразуется в конструктивную схему «Seka» с полностью выдвинутым колесом. РК может быть и частично выдвинуто в камеру (схема «ВНИИГидромаш») [7]. В связи с этим при доводке видоизмененных конструкций СВН используются и различные зависимости для пересчета характеристик.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время существует несколько рекомендаций по пересчету параметров СВН при подрезке РК [3; 4], но они противоречивы и касаются в основном подрезки по наружному диаметру D_2 . Их нельзя применять к другим видам подрезок. Поэтому была поставлена задача проанализировать и уточнить рекомендации по изменению параметров СВН для каждого вида подрезок с учетом исследований, проведенных на гидравлическом стенде кафедры прикладной гидроаэромеханики СумГУ [5; 7; 8]. Конструкция проточной части экспериментального насоса (рис. 2) позволяла проводить различные виды испытаний. В качестве объекта исследований были приняты свободновихревые насосы конструктивных схем «Туго», «Seka» и «ВНИИГидромаш».

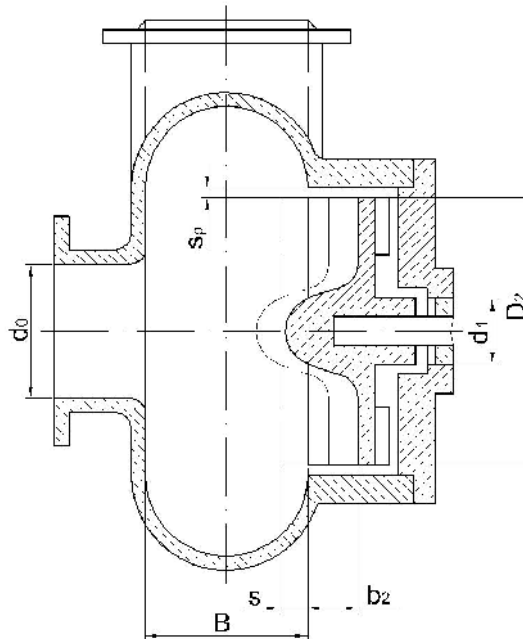


Рисунок 2 - Основные геометрические размеры проточной части модельного насоса

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние каждого из перечисленных способов доводки насоса на его характеристики показано на рис. 3 – 9.

1. Выдвижение РК СВН может использоваться как один из способов доводки параметров данного насоса – подачи Q и напора H . Как следует из рис. 3, выдвижение РК внутрь свободной камеры позволяет повысить напор и КПД насоса. Максимальные значения (согласно эксперименту, $\bar{H} = 1,15$, $\bar{\eta} = 0,535$) они достигают при полностью выдвинутом колесе.

Здесь $\bar{H} = \frac{7200}{2} \frac{gH}{n^2 D_2^2}$, $\bar{Q} = \frac{240}{\pi^2} \frac{Q}{n D_2^3}$, n - частота вращения, об./мин.

С увеличением величины выдвигения оптимальное значение подачи сдвигается вправо. Наблюдаемый при выдвигении РК рост КПД насоса можно объяснить тем, что в данном случае уменьшается количество циклов вращения жидкости в свободной камере насоса и большая часть ее направляется непосредственно в отвод. Это сказывается на уменьшении гидравлических потерь в насосе и, как следствие, увеличении его КПД. Следует отметить, что выдвигение РК в свободную камеру ухудшает способность насоса перекачивать жидкости с крупными и волокнистыми включениями.

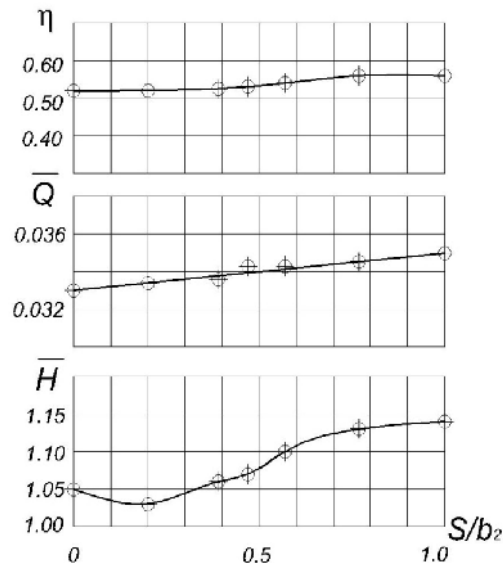


Рисунок 3 - Влияние выдвигения РК в свободную камеру на характеристики СВН

2. Как указывалось выше, часто применяемым способом доводки как центробежного, так и свободновихревого насосов, является подрезка РК по наружному диаметру D_2 . Анализ результатов подрезок РК СВН по наружному диаметру показывает, что уменьшение оптимального напора H пропорционально отношению квадратов диаметров РК, а изменение величины подачи Q в точке максимального КПД несколько другое. Для приблизительных оценок величины подрезки РК можно использовать линейную зависимость [2]:

$$\frac{H'}{H} = \frac{Q'}{Q} = \left(\frac{D_2'}{D_2} \right)^2.$$

Данная зависимость не согласуется с результатами [1]. Поэтому для уточнения ее применимости были проведены дополнительные исследования, которые для разных конструктивных схем СВН выявили некоторые общие особенности изменения напора и КПД. Кривые изменения КПД для всех схем имеют область, в которой его значение остается постоянным или изменяется незначительно. Для схемы «Туго» (рис. 4) эта область находится в пределах изменения $D_2'/D_2 = 0,95 - 0,9$, для схемы «ВНИИГидромаш» - $D_2'/D_2 = 0,95 - 0,8$, для схемы «Сека» -

$D_2'/D_2 = 1,0 - 0,84$. При подрезках выше указанных пределов КПД резко уменьшается.

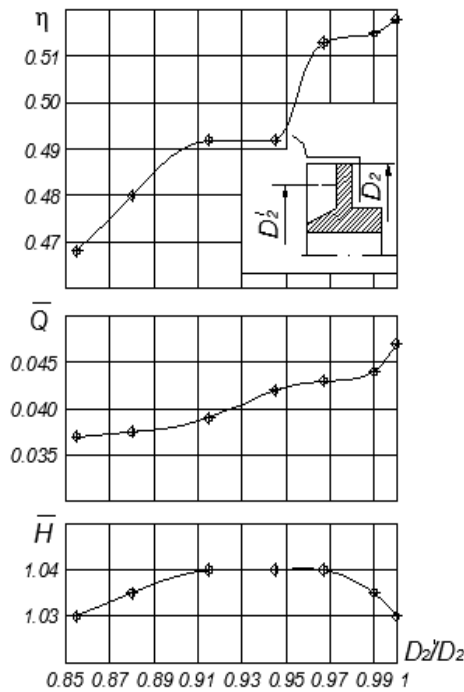


Рисунок 4 - Изменение параметров СВН типа «Туро» при подрезке РК по наружному диаметру

Напор насоса при подрезках первоначально несколько увеличивается, далее имеет место область его максимального значения, а затем он уменьшается. Ступенчатое изменение напора при подрезках РК обуславливает и изменение формул для пересчета характеристик СВН.

Для схемы «Туро» при подрезке РК на величину $D_2'/D_2 = 1,0 - 0,95$ рекомендуется применять зависимости

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^{1,25}; \quad \frac{H'}{H} = \left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^{1,5},$$

а при подрезках в диапазоне $D_2'/D_2 = 0,95 - 0,80$

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^{1,5}; \quad \frac{H'}{H} = \left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^2$$

Подрезку РК по наружному диаметру D_2 для схемы «Туро» целесообразно проводить до величины $D_2'/D_2 = 0,85 - 0,8$. При дальнейшем уменьшении D_2 происходит резкое снижение КПД и напора насоса.

Изменение параметров насоса при подрезке РК по наружному диаметру D_2 для схемы «ВНИГидромаш» аналогично схеме «Туро». При подрезке в диапазонах $D_2'/D_2 = 1,0 - 0,95$ и $D_2'/D_2 = 0,95 - 0,8$ необходимо применять аналогичные формулы.

Для конструктивной схемы «Seka» при подрезках РК по диаметру D_2 также наблюдается ступенчатое изменение параметров насоса. Во всем диапазоне изменения подрезок $D_2'/D_2 = 1,0 - 0,84$ пересчет напора необходимо проводить по формуле $H'/H = (D_2'/D_2)^2$, а пересчет подачи при подрезке РК до 10 % – по зависимости $Q'/Q = D_2'/D_2$ и при подрезке РК свыше 10 % – по выражению $Q'/Q = (D_2'/D_2)^{1,25}$.

3. Конструктивные особенности СВН позволяют производить подрезку по переднему торцу лопаток РК или так называемую подрезку по ширине лопаток b_2 . Характер изменения параметров насоса при подрезке по ширине лопаток b_2 (рис. 5) аналогичен подрезкам по D_2 , но изменение параметров плавное. При этом для оценки влияния подрезки по b_2 на параметры СВН типа «Туго», можно использовать следующие зависимости:

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{b_2'}{b_2}\right)^{1/6}; \quad \frac{H'}{H} = \left(\frac{b_2'}{b_2}\right)^{1/3}.$$

Рекомендуемая величина подрезки при снижении КПД до 5 % составляет – $b_2'/b_2 = 0,6$. Данный вид подрезки может эффективно применяться при доводке насосов.

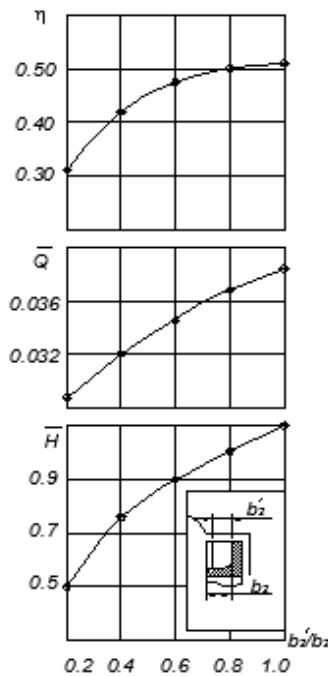


Рисунок 5 - Зависимость изменения параметров СВН типа «Туго» от подрезки РК по ширине лопаток

Для конструктивной схемы «Seka» при подрезке РК по ширине лопаток b_2 (рис. 6) происходит уменьшение напора и КПД насоса. Характер изменения подачи отличен от изменения напора.

Первоначально наблюдается увеличение оптимальной подачи до величины подрезки $b'_2/b_2 = 0,8$, а потом ее снижение. КПД насоса при подрезке непрерывно уменьшается (при максимальной подрезке – на 10 %). Рекомендуемая величина подрезки при снижении КПД до 5 % составляет $b'_2/b_2 = 0,6 - 0,65$.

4. При выполнении подрезки лопаток РК по внутреннему диаметру D_1 (рис. 7) до величины подрезки $D_1/D'_1 = 0,5$ параметры насоса «Туго» изменяются незначительно (изменение \bar{H} составляет 1%, \bar{Q} – 2,6%, η – 2,3%), Дальнейшее увеличение подрезки приводит к резкому падению оптимальных параметров насоса вследствие изменения структуры потока на входе в колесо. Поэтому данная подрезка малоэффективна для доводки СВН и применение ее на практике нецелесообразно.

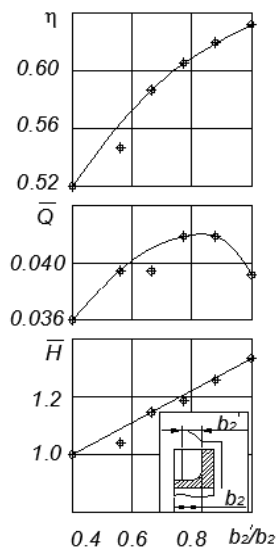


Рисунок 6 – Зависимость оптимальных параметров СВН типа «Сека» от подрезки РК по ширине лопаток

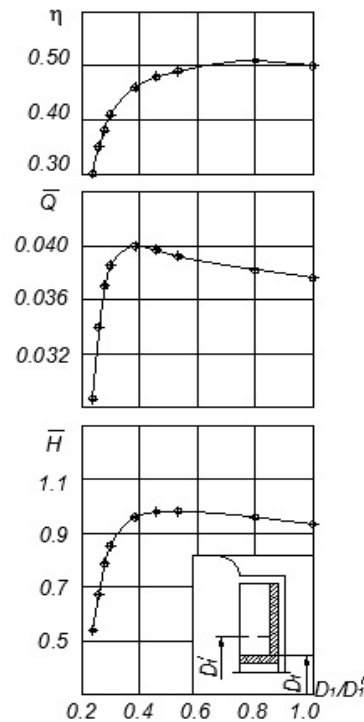


Рисунок 7 – Изменение оптимальных параметров СВН типа «Туго» при прямой подрезке лопаток РК на входе

Кроме прямой подрезки, в СВН возможна и наклонная подрезка лопаток РК на входе. Исследования проводились для конструктивной схемы «Туго». Данный вид подрезки определяет форму входной кромки лопаток РК. Подрезка начального диаметра лопаток D_1 проводилась в интервале $D_1/D_2 = 0,2 - 0,6$. Анализ результатов (рис. 8) показал, что до подрезки $D_1/D_2 = 0,45$ наблюдается увеличение подачи, напора и КПД насоса. Так, повышение напора составляет 5%, КПД – 3%. При дальнейшем увеличении подрезки происходит снижение напора и КПД при резком увеличении подачи насоса. Следовательно, наклонную

подрезку лопаток РК по внутреннему диаметру целесообразно проводить до $D_1/D_2 = 0,45$, особенно для насосов, перекачивающих жидкости с длиноволокнистыми включениями. При этом входная кромка лопаток РК располагается наклонно к оси вращения и исключает обволакивание лопаток.

5. Для СВН типа «Seka» исследовалось влияние угловой подрезки лопаток РК на выходе. Подрезка РК осуществлялась от радиуса центра циркуляции R_0 до наружного радиуса колеса. Положение центра циркуляции определялось по формуле

$$R_0 = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2)/2},$$

где R_1 - начальный радиус лопаток РК, R_2 - наружный радиус лопаток РК.

На рис. 9 представлены зависимости оптимальных параметров СВН от величины отношения срезанного участка лопатки b_2^* к полной ее ширине b_2 . Анализ кривых изменения оптимальных параметров насоса в зависимости от величины отношения b_2^*/b_2 показал, что угловую подрезку лопаток РК на выходе целесообразно проводить в пределах $b_2^*/b_2 \leq 0,8$. При дальнейшей подрезке происходит резкое снижение параметров насоса.

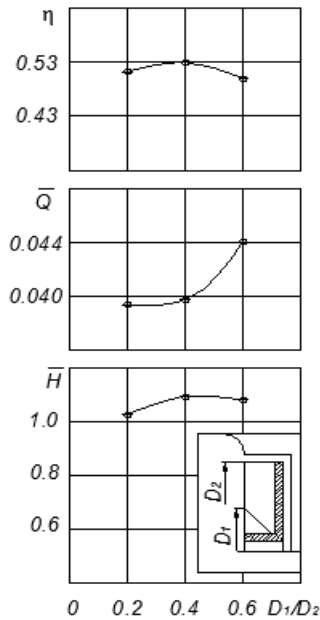


Рисунок 8 – Изменение оптимальных параметров СВН типа «Тигр» от величины наклонной подрезки лопаток РК на входе

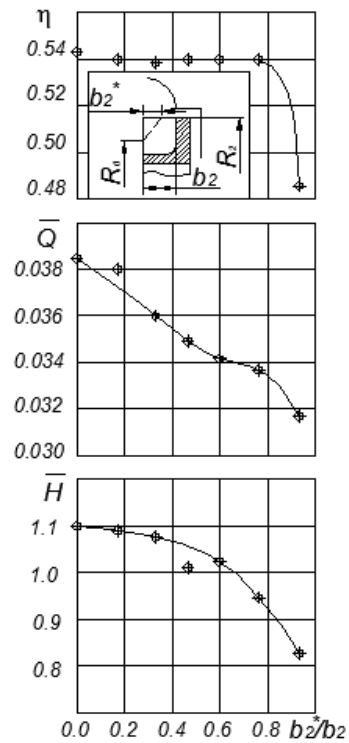


Рисунок 9 – Зависимость оптимальных параметров СВН типа «Seka» от величины наклонной подрезки лопаток РК на выходе

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования позволили установить влияние на внешние характеристики СВН выдвижения РК в свободную камеру и различных видов подрезок РК: по наружному диаметру D_2 , внутреннему диаметру D_1 , ширине лопатки b_2 , наклонной подрезки лопаток на входе и выходе колеса.

2. Установлены предельные значения подрезок РК, не приводящие к резкому уменьшению КПД.

EXTENSION OF THE FIELD OF APPLICATION OF FREE-FLOW PUMPS

*A. G. Gusak, V. F. German, A. I. Kotenko, S. M. Yahnenko,
Sumy State University,
2 R. - Korsakov Str., 40007 Sumy, Ukraine*

In this paper, the authors address the issue of change (tuning) parameters through various free-flow pump impeller facing.

Key words: *free-flow pump impeller trimming, the outside diameter of the impeller, the internal diameter of the impeller, the impeller blade width, pressure, flow, efficiency.*

РОЗШИРЕННЯ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЛЬНОВИХРОВИХ НАСОСІВ

*О. Г. Гусак, В. Ф. Герман, О. І. Котенко, С. М. Яхненко,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна*

У даній роботі авторами розглядається питання зміни (доведення) параметрів вільновихрових насосів шляхом різних підрізувань робочого колеса.

Ключові слова: *вільновихровий насос, підрізка робочого колеса, зовнішній діаметр робочого колеса, внутрішній діаметр робочого колеса, ширина лопатки робочого колеса, напір, подача, коефіцієнт корисної дії.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А. К. Конструкция и расчет центробежных насосов высокого давления / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – М. : Машиностроение, 1971. – 304 с.
2. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.
3. Rutschi K. Die Arbeitweise von Freistrompumpen / K. Rutschi // Bauzeitung, Schweiz : 1968. – Vol. 86, No. 32 – P. 575-582.
4. Wegener G. Einsatz von Turbo-Pumpen in der Industrie /G. Wegener // Allgemeine Papier, Rundschau. – 1968. – No. 40. – P. 1208-1210.
5. Герман В. Ф. Создание и исследование сточномассовых свободновихревых насосов повышенной экономичности: дисс. ... канд. техн. наук / В. Ф. Герман ; СумГУ. – Сумы, 1984. – 154с.
6. Zarzycki M. Badania pompy kretnej o swobodnym przeplywie produkowanej seryjnie / M. Zarzycki, J. Rokita, S. Morzy ski // Zesz. nauk. PSJ. – 1974. – No. 425. – P. 103-119.
7. Яхненко С. М. Гидродинамические аспекты блочно-модульного конструирования динамических насосов: дисс. ... канд. техн. наук / С. М. Яхненко; СумГУ. – Сумы, 2003. – 210 с.
8. Вертячих А. В. Влияние подрезки рабочего колеса на параметры свободновихревого насоса / А. В. Вертячих, В. Ф. Герман, С. М. Яхненко // Гидравлические машины. – Харьков: Вища школа, 1988. – Вып. 22. – С. 116-118.

Поступила в редакцию 18 марта 2013 г.