

М 432121

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ГЕРМАН Виктор Фёдорович

УДК 621.671

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЧНОМАССНЫХ
СВОБОДНОВИХРЕВЫХ НАСОСОВ ПОВЫШЕННОЙ
ЭКОНОМИЧНОСТИ

Специальность 05.04.13 - Гидравлические машины
и гидропневмоагрегаты

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва 1985

Работа выполнена в Сумском филиале Харьковского политехнического института им. В.И. Ленина

Научный руководитель

- кандидат технических наук,
доцент Ковалёв И.А.

Официальные оппоненты

- доктор технических наук,
профессор Викторов Г.В.

- кандидат технических наук,
доцент Батаев О.В.

- Рыбницкий насосный завод

M 432 121

оится "28" октября 1985 г.
седании специализированного совеща-
ншем техническом училище имени
Бауманская, д.5.

накомиться в библиотеке Москов-
чилища им. Н.Э.Баумана.

10-е сентября 1985 г.

ученный секретарь
специализированного Совета

В.Н. Козлов

КОЗЛОВ В.Н.

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЧНОМАССНЫХ
СВОБОДНОВИХРЕВЫХ НАСОСОВ ПОВЫШЕННОЙ
ЭКОНОМИЧНОСТИ

Общая характеристика работы

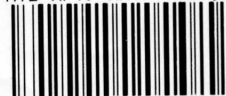
Актуальность темы. Интенсивное внедрение гидротранспорта во все отрасли народного хозяйства требует создания высокоэффективного насосного оборудования для перекачивания различных гидросмесей. В частности, научно-технической программой ГНТ СССР 0.15.01 "Создание и освоение производства новых видов машин, аппаратов и оборудования для оснащения химической, нефте-химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности" и "Мероприятиями по повышению технического уровня и эффективности производства Рыбницкого насосного завода", утвержденными 05.04.83г. Министерством химического и нефтяного машиностроения СССР, предусматривается создание унифицированного типоразмерного ряда сточномассных насосов для перекачивания бытовых и промышленных стоков, волокнистых масс и других неабразивных взвешенных веществ.

Вновь разрабатываемый типоразмерный ряд сточномассных насосов предусматривает создание 3-х конструктивных схем. Составной частью данного ряда являются сточномассные свободновихревые насосы (СМВ). Необходимость их разработки обусловлена преимуществами свободновихревых насосов (СВН) по сравнению с центробежными: простая и удобная в эксплуатации конструкция, практическая незасоряемость при перекачивании гидросмесей с длиноволокнистыми включениями, высокая степень унификации, возможность работы на жидкости с изменяющейся плотностью. Однако, СВН имеют существенный недостаток - низкий уровень к.п.д.

Экономичность СВН, достигнутая в отечественном насосостроении, несколько ниже уровня к.п.д. аналогичных насосов, выпускаемых за рубежом. В связи с этим актуальной становится задача создания высокоэкономичных проточных частей разрабатываемых сточномассных насосов.

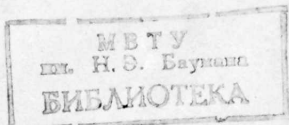
Исходя из цели получения максимального экономического эффекта от разработки типоразмерного ряда сточномассных насосов, возникает необходимость унификации корпусных деталей этих насосов.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1432121

Герман В.Ф. Создание и исслед



Это существенно усложняет решение поставленной задачи.

В связи с малочисленностью литературных данных по СВН и отсутствием методики проектирования высокоэкономичных проточных частей создание сточномассных свободновихревых насосов повышенной экономичности потребовало проведения дополнительных исследований.

Цель работы состоит в проведении расчётно-экспериментальных исследований, направленных на создание высокоэкономичных проточных частей сточномассных свободновихревых насосов, разработку и экспериментальную проверку методики их расчёта.

Основные задачи исследования:

- изучение структуры потока, уточнение схемы рабочего процесса СВН и вывод основного расчётного уравнения, связывающего напор с основными геометрическими параметрами проточной части;
- оптимизация геометрических параметров рабочего колеса (р.к.) с целью повышения экономичности;
- разработка и экспериментальная проверка методических рекомендаций по проектированию СВН;
- создание типового сточномассного свободновихревого насоса СМС 150-125-315.

Научная новизна:

- схема рабочего процесса СВН и уравнение связи напора с основными геометрическими параметрами проточной части;
- оптимизация основных геометрических параметров р.к. СВН с помощью планирования эксперимента; уравнение регрессии, устанавливающее связь наружного диаметра, ширины, толщины и числа лопаток р.к. с к.п.д. насоса;
- методика расчёта СВН с улучшенными энергетическими качествами;
- экспериментальный материал, позволяющий определить пути дальнейшего совершенствования СВН.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- разработаны и экспериментально проверены рекомендации по проектированию СВН с улучшенными энергетическими качествами;
- создан и испытан типовый сточномассный свободновихревой насос СМС 150-125-315 с повышенным по сравнению с планируемым на 4% к.п.д.

Внедрение результатов работы. Результаты работы внедрены во ВНИИГидромаше при выполнении темы 80.01.05.84-85 "Создание высокоэффективных проточных частей свободновихревых насосов унифицированного ряда насосов типа СМ для перекачивания сточных жидкостей и бумажных масс" (ГР № 01840026640).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на заседаниях кафедры гидромашин ХПИ им. В.И.Ленина (г. Харьков, 1980, 1981, 1982, 1983 г.г.), на семинаре кафедры К-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана (г. Москва, 1984 г.), Всесоюзной научно-технической конференции по гидромашиностроению "Проблемы и направления развития гидромашиностроения" (г. Сумы, 1978 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы три статьи, тезисы доклада, получено два положительных решения ВНИИПЗ о выдаче авторского свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 77 наименований и приложений. Работа изложена на 85 страницах машинописного текста, иллюстрируется 45 рисунками и 11 таблицами, расположенными на 56 страницах. Общий объем диссертационной работы составляет 154 страницы.

Краткое содержание работы

Во введении обосновывается актуальность темы и формулируется задача исследований.

В первой главе приводится анализ имеющихся конструктивных схем СВН, сделан обзор существующих методических рекомендаций по расчёту этих насосов, дано обоснование выбора объекта и основные задачи исследования. Указывается, что при гидротранспорте жидкостей, содержащих волокнистые включения, высокую надёжность и долговечность обеспечивают насосы свободновихревого типа. Основным недостатком этих насосов является их низкая экономичность. Однако, опыт эксплуатации СВН в нашей стране и за рубежом показывает, что эти насосы можно применять даже при начальном к.п.д., составляющем $2/3$ к.п.д. центробежных насосов.

Анализ имеющихся в настоящее время конструктивных схем СВН показал, что наиболее приемлемой для создаваемых сточномассных свободновихревых насосов является конструктивная схема Туро. Однако, уровень к.п.д. отечественных насосов Туро остаётся ещё невысоким.

Большая серийность выпуска насосов СМС обуславливает целесообразность выполнения каждого типоразмера насоса с учётом максимальной унификации, что позволило бы получить дополнительный экономический эффект за счёт сокращения затрат на производство. Решение задач унификации приводит к необходимости выполнения каждого варианта насоса в одном корпусе. Поскольку оптимальным для СВН является кольцевой отвод, то применение в качестве базового спирального корпуса центробежного варианта насоса существенно усложняет задачу повышения экономичности. Единственно возможным путём повышения к.п.д. в данном случае является оптимизация геометрических параметров р.к. Однако, имеющиеся в литературе рекомендации по выбору геометрических параметров р.к. отличаются значительным разбросом. Особенно нет однозначности при выборе ширины b_2 , толщины δ и числа лопаток Z р.к. (Рис. I).

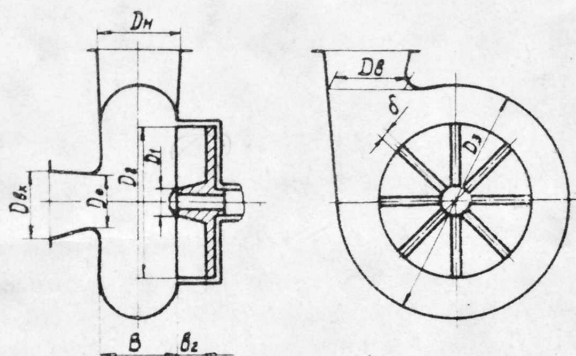


Рис. I. Основные геометрические параметры проточной части СВН

Для получения оптимальных геометрических соотношений р.к. необходимо:

- исследовать влияние основных геометрических параметров р.к. типа Туро ($\beta_{21} = \beta_{22} = 90^\circ$) b_2 , Z , δ на характеристики СВН путём проведения однофакторного эксперимента;

- установить оптимальные соотношения основных геометрических параметров р.к. b_2 , Z , δ и получить количественную оценку влияния каждого фактора на экономичность СВН, применив методы планирования эксперимента, в частности, метод крутого восхождения.

В основе гидравлического расчёта СВН лежат зависимости рабочих параметров от геометрии проточной части. Проведенные ранее исследования показали, что подача насоса определяется в основном размерами отвода, напор — геометрическими соотношениями р.к. Основным расчётным уравнением СВН является зависимость напора от геометрических размеров проточной части насоса.

С целью проведения качественной оценки методик, имеющих для расчёта СВН, было проведено сравнение полученных по ним соотношений проточных частей с фактическими геометрическими размерами насосов. При этом были использованы методики А.А.Корбутовского, К.Рючи и Е.Рокиты, которые рекомендованы для расчёта насосов Туро. Анализ результатов позволил сделать следующие выводы:

- в настоящее время отсутствует методика расчёта СВН, позволяющая удовлетворительно решать задачу обеспечения заданных параметров насоса при высокой экономичности;

- рассмотренные методики расчёта СВН исходят из определённой оценки рабочего процесса и могут быть рекомендованы только для конкретной конструктивной схемы;

- наиболее близкие результаты к фактическим даёт методика А.А.Корбутовского, однако рекомендуемые автором геометрические соотношения не являются оптимальными;

- схемы рабочего процесса, принятые при разработке методик расчёта, не могут считаться достаточно точными, поэтому требуется дальнейшее изучение структуры потока в СВН;

- для создания насосов СМС повышенной экономичности требуется разработка методики расчёта с учётом оптимальной геометрии проточной части.

Главная задача исследования – создание высокоэкономичных точных частей сточномассных свободновихревых насосов типа Туро путём оптимизации геометрических параметров р.к. Для определения оптимальных геометрических параметров р.к. был проведён однофакторный и многофакторный эксперимент.

Цикличность рабочего процесса СВН позволяет в качестве критерия подобия использовать коэффициент быстроходности π_s . Создаваемые насосы СМС характеризуются широким диапазоном $\pi_s = 35 \div 146$. Отсюда задача выбора объекта исследования решалась с учётом следующих факторов:

- коэффициент быстроходности исследуемого насоса должен находиться в диапазоне значений π_s разрабатываемых насосов СМС;
- исследуемый насос должен быть идентичен насосам конструктивной схемы Туро и его коэффициент быстроходности должен быть в области максимальных для данной схемы значений к.п.д.

В качестве объекта исследования был принят насос с $\pi_s = 110$ ($Q = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 20 \text{ м}$; $n = 2250 \text{ об/мин}$). Испытания проводились на воде в кольцевом отводе, рассчитанном по рекомендациям ВНИИГидромаша.

Во второй главе описывается экспериментальное оборудование и методика проведения исследований. Исследования проводились на гидравлическом стенде кафедры гидромашин Сумского филиала ХПИ им. В.И.Ленина. Стенд соответствовал общепринятым требованиям и работал по замкнутой схеме течения жидкости. Экспериментальный насос консольного типа с осевым подводом. Конструкция его позволяла быстро и удобно производить замену исследуемых р.к. Исследование структуры потока в СВН выполнялось путём зондирования, применения лакокрасочных покрытий и визуального наблюдения.

Зондирование проводилось по общепринятой методике с помощью 5-ти точечного шарового зонда в 3-х сечениях по всей ширине свободной камеры насоса.

Для исследования характера течения жидкости в каналах р.к. СВН были проведены специальные испытания с лакокрасочными покрытиями. Испытания проводились на четырёх режимах: $Q = 0$; $0,75 Q_p$; Q_p ; $1,25 Q_p$. В результате проведенных экспериментов была получена картина течения в межлопаточных каналах р.к.

Визуализация потока осуществлялась в специально изготовленном из оргстекла насосе с помощью впуска воздуха и подкрашивающей жидкости, а также ввода нитей при дополнительном освещении стробоскопом. В процессе испытаний можно было наблюдать и фотографировать процесс течения жидкости в насосе.

Экспериментальные исследования, направленные на получение рекомендаций по выбору оптимальных геометрических параметров р.к. проводились путём варьирования рабочих колёс. С этой целью было изготовлено и испытано 28 рабочих колёс типа Туро с прямыми радиальными лопатками ($\beta_{2r} = \beta_{2y} = 90^\circ$) и с наружным диаметром $D_2 = 0,175$ м, входящих в четыре группы.

В первую группу входили р.к. № 1-5, отличающиеся различным числом лопаток ($Z = 6, 8, 9, 10, 12$), толщина и ширина лопатки оставались постоянными ($\delta = \delta/D_2 = 0,023$; $b_2 = b_2/D_2 = 0,143$).

Вторая группа включала р.к. № 6, 3, 7, 8 с различной величиной толщины лопатки ($\delta = 0,011; 0,023; 0,034; 0,045$) при числе лопаток $Z = 9$ и ширине $b_2 = 0,143$.

Рабочие колёса третьей группы (р.к. № 9, 3, 10, 11, 12) отличались шириной лопатки ($b_2 = 0,114; 0,143; 0,200; 0,228; 0,286$). При этом $Z = 10$; $\delta = 0,023$.

В четвёртую группу входило 16 рабочих колёс (р.к. № 13-28), изготовленных по плану планируемого эксперимента. Исходным при построении плана выбрано р.к., рассчитанное по методике ВНИИГидромаша.

Методика определения внешних характеристик экспериментального СВН не отличалась от методики их получения для центробежного насоса и соответствовало ГОСТ 6134-71. Средства измерений параметров обеспечивали достаточную точность, погрешности измерений не выходили из установленного ГОСТом доверительного предела.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований структуры потока, дана схема рабочего процесса и получено основное расчётное уравнение СВН.

При исследовании структуры потока методом зондирования было установлено, что окружная составляющая скорости V_u мало меняется по ширине камеры. Отличительной особенностью обладает распределение скорости в области входа в р.к. На участке с относительным радиусом $r/R_2 \leq 0,3$ скорость V_u близка к нулю,

затрутка потока отсутствует и он имеет осевое направление. С увеличением радиуса скорости V резко возрастает и поток приобретает сложное завихренное спиралеобразное движение. Расчёт суммарного расхода жидкости через свободную камеру, определённый по распределению скоростей, примерно в 4–5 раз превышает подачу насоса. Этим были подтверждены ранее сделанные выводы о многократной циркуляции жидкости в свободной камере насоса.

Расчёт количества жидкости, входящей в р.к. и выходящей из него, проведенный по результатам распределения осевой составляющей скорости V_z , позволил определить величину расхода жидкости через р.к. относительно подачи насоса. Установлено, что через р.к. проходит только часть подачи и соотношение её меняется в зависимости от режима работы насоса. На расчётной подаче эта величина составила $(0,3 + 0,4) Q$.

Распределение меридиональной составляющей скорости V_m в свободной камере насоса свидетельствовало о существовании меридионального течения (продольного вихря) в СВН.

По результатам испытаний с лакокрасочными покрытиями была получена приближённая картина течения на рабочей и тыльной сторонах лопатки и в межлопаточных каналах р.к. На рабочей стороне лопатки были хорошо видны линии схода циркуляционного потока (продольного вихря).

При визуальных исследованиях представляло интерес выяснить изменение картины потока на различных режимах работы насоса. Визуальные наблюдения на принятых режимах исследования показали следующее. На всех режимах, кроме $Q = 0$, впускаемые пузырьки воздуха и красители разделялись, частично поступая в р.к. и свободную камеру, затем совершали несколько заходов в р.к. и вращений в камере насоса перед выходом в напорный патрубок. Число заходов и вращений пузырьков уменьшалась с ростом подачи насоса. Вводимые при этом во всасывающий патрубок нити были направлены вдоль оси трубопровода, т.е. поток на входе шел чисто осевое направление. Общая картина потока на этих режимах оставалась неизменной.

На нулевой подаче насоса у стенок входного патрубка наблюдалось вращение пузырьков воздуха и отклонение вводимых нитей в сторону вращения р.к., что указывало на наличие обратных токов.

Результаты исследования структуры потока показали, что на любом режиме в СВН наблюдается интенсивный обмен жидкостью ме-

жду р.к. и свободной камерой, т.е. существует меридиональное течение или продольный вихрь. Такое же организованное течение - продольно-вихревое движение наблюдается и в вихревом насосе. Исходя из этого, был сделан вывод, что СВН можно отнести к классификационной группе вихревых гидромашин, в которой базовым при обмене энергией является продольно-вихревое движение.

При рассмотрении процесса передачи энергии в СВН можно выделить две стадии:

- энергия от р.к. передается проходящему через него потоку;
- в свободной камере насоса происходит обмен количеством движения между частицами выходящего из р.к. и поступающего из всасывающего патрубка потоков.

На основании принятой схемы рабочего процесса было получено основное расчётное уравнение связи напора с геометрическими размерами проточной части:

$$H = 2\pi \frac{\omega^2}{g} \cdot \frac{r}{r_{\text{max}}} \cdot F_1 F_2 D_2^2, \quad (I)$$

где $F_1 = f(\bar{D}_1, \bar{\delta}, Z)$ - функция, учитывающая влияние относительных размеров р.к.;

$F_2 = f(\bar{B}, \bar{b}_2)$ - функция, учитывающая влияние относительных размеров отвода.

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию основных геометрических параметров р.к. b_2, δ, Z на характеристики СВН и определены их оптимальные соотношения. Так, исследование влияния числа лопаток показало, что оптимальным следует считать р.к. с числом лопаток $Z = 10$.

Результаты исследований влияния толщины лопатки р.к. позволили заключить, что при относительной толщине лопатки $\bar{\delta} \leq 0,025$ наблюдается возрастание оптимальной величины параметров насоса.

Однако, при выборе толщины лопатки р.к. необходимо учитывать как число лопаток, так и конкретные условия эксплуатации.

При анализе результатов проведенных испытаний по влиянию ширины лопатки b_2 установлено, что с ростом относительной ширины лопатки наблюдается увеличение к.п.д. и напора насоса до величины $\bar{b}_2 = 0,2$. Эта величина является оптимальной.

С целью получения количественной оценки влияния отдельных факторов р.к. на к.п.д. СВН и подтверждения результатов однофакторного эксперимента по выбору оптимальных геометрических соотношений р.к. были применены методы планирования эксперимента, в частности, метод крутого восхождения. При исследованиях в качестве параметра оптимизации был принят к.п.д. насоса. Для крутого восхождения использовали линейную модель.

В результате исследований было получено уравнение регрессии:

$$\eta = 0,284125 + 0,001275D_2 + 0,002425b_2 - 0,007812\delta \quad (2)$$

Согласно полученной модели (2), к.п.д. СВН возрастает с увеличением ширины b_2 , диаметра р.к. D_2 и уменьшением толщины лопатки δ .

Наибольшее влияние на уровень к.п.д. насоса оказывают толщина и ширина лопатки. Число лопаток в принятом интервале варьирования $Z = 8 + 12$ существенно не влияет на к.п.д. насоса. В процессе проведенных исследований была получена следующая оптимальная геометрия р.к.: $b_2 = 0,2$; $Z = 10$; $\delta = 0,02$.

Предложенная модель учитывает влияние основных параметров р.к. в исследованном диапазоне: $b_2 = 0,096 + 0,225$; $\delta = 0,022 + 0,052$; $Z = 8 + 12$ и может быть использована при проектировании р.к. с $N_s = 100 + 120$.

В пятой главе даны методические рекомендации по проектированию свободновихревого насоса с улучшенными энергетическими качествами.

Данные методические рекомендации распространяются на СВН с р.к. типа Туро, имеющие кольцевой или спиральный отвод. Размеры кольцевого и спирального отводов определяются по известным рекомендациям центробежных насосов. Апробация проводилась при $N_s = 100 + 120$.

Для определения наружного диаметра р.к. D_2 использована зависимость (1). При этом

$$D_2 = \frac{A}{\eta} \sqrt{H}, \quad \text{м}, \quad (3)$$

где

$$A = \left[\frac{\eta_{\text{мех}}}{\kappa \eta_{F_1 F_2}} \right]^{1/2}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{мех}} = 0,96 + 0,98$ - механический к.п.д. насоса;

$$K = 7,167 \cdot 10^{-3};$$

η - к.п.д. насоса, определяется в зависимости от N_s по графику рис.2.

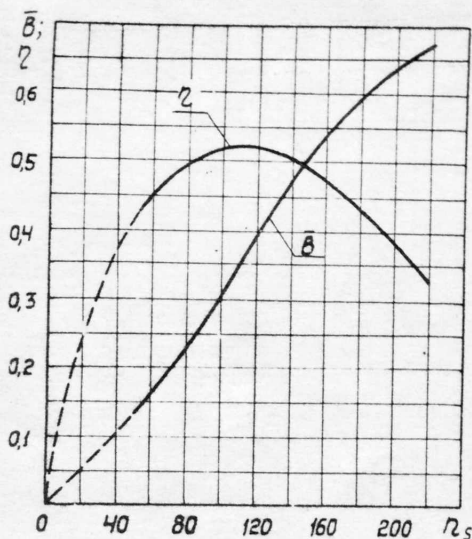


Рис.2. Зависимость к.п.д. η и относительной ширины свободной камеры $\bar{B}$ от N_s :
 $\bar{B}$ - по результатам ВНИИГидрострома

Для практического применения удобно пользоваться графической зависимостью функции F_1 от числа лопаток р.к. при рекомендованном значении $\bar{D}_1 = 0,2$ (рис.3).

Функция F_2 (рис.4) получена на основании анализа результатов проведенных экспериментальных исследований. Относительная ширина кольцевого отвода определяется по графику (см.рис.2) в зависимости от N_s .

Другие геометрические размеры проточной части насоса определяются по принятым относительным соотношениям и диаметру D_2 .

С целью изменения параметров насоса в процессе эксплуатации исследованы возможные пути его доводки: подрезки р.к., выдвигания р.к. в свободную камеру и изменения угла установки лопатки в плане.

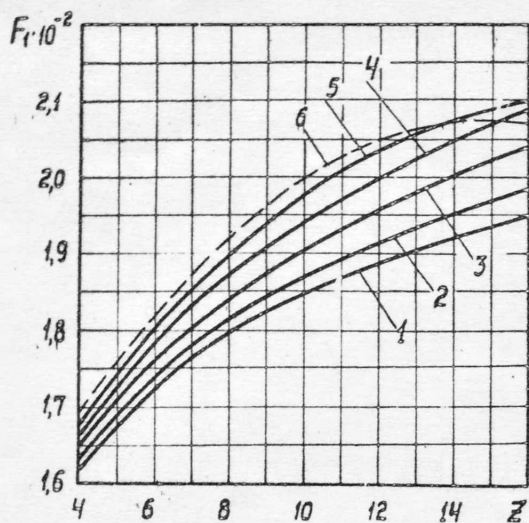


Рис.3. Зависимость функции F_1 от Z при $\bar{D}_1 = 0,2$:
 1 - $\bar{\delta} = 0,005$; 2 - $\bar{\delta} = 0,01$; 3 - $\bar{\delta} = 0,02$;
 4 - $\bar{\delta} = 0,03$; 5 - $\bar{\delta} = 0,04$; 6 - $\bar{\delta} = 0,05$.

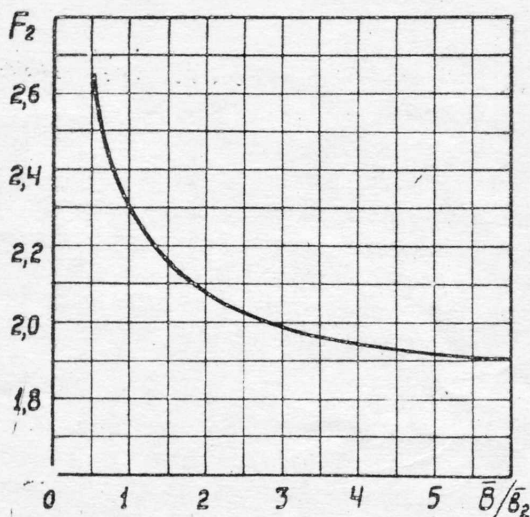


Рис.4. Зависимость функции F_2 от отношения $\bar{B}/b_2$

Анализ результатов подрезки р.к. по наружному диаметру показал, что оптимальные параметры насоса изменяются по прямой линии, т.е. удовлетворяют ранее полученному условию:

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

Кроме того, даны графические зависимости изменения оптимальных параметров р.к. от величины подрезки по ширине р.к. и внутреннему диаметру D_1 . Рекомендуемая величина подрезки по ширине лопаток $b_2/b_2' = 0,6$. Подрезка по D_1 при доводке насоса не целесообразна.

Результаты проведенных исследований показали, что выдвижение р.к. в свободную камеру насоса при доводке является эффективным. Представляет интерес применение этого способа как одного из возможных путей повышения экономичности.

Испытания р.к. с углами установки лопаток $\beta_{2y} = 90, 85, 75^\circ$ свидетельствуют о неэффективности применения данного способа при доводке насоса. Следует отметить, что к.п.д. насоса максимален у рабочего колеса с $\beta_{2y} = 75^\circ$.

В шестой главе приведены результаты экспериментальной проверки методических рекомендаций по расчёту СВН, разработки и испытаний опытного образца сточномассного свободновихревого насоса СМС 150-125-315.

Полученные методические рекомендации были апробированы на насосе СВН 78/23, при этом проверялись следующие основные положения методики:

- обеспечение заданной величины напора при расчётной подаче;
- возможности использования методики расчёта СВН с кольцевым отводом при разработке их со спиральным.

Испытания проведены в кольцевом и спиральном корпусе.

Анализ проведенных исследований позволил сделать следующие выводы:

- разработанные методические рекомендации обеспечивают с достаточной точностью получение требуемого значения напора при расчётной подаче (отклонение от действительного значения напора не превышает 3%);
- использование рекомендуемых соотношений геометрических параметров р.к. позволяет повысить экономичность СВН по сравнению с существующими насосами отечественного производства в среднем

на $3 \div 5 \%$;

- методика расчёта СВН с кольцевым отводом может быть использована для расчёта насосов со спиральным отводом при условии их одинаковой пропускной способности;

- при использовании полученных методических рекомендаций по расчёту СВН возможно отклонение оптимального режима от расчётного в сторону больших подач до 10% .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании результатов экспериментальных исследований структуры потока уточнена физическая картина течения жидкости в СВН. Установлено, что основой рабочего процесса СВН является передача энергии за счёт продольно-вихревого движения жидкости.

2. Получено уравнение связи напора с геометрическими параметрами проточной части, являющееся основным расчётным уравнением СВН.

3. Изучено влияние основных геометрических параметров р.к. на экономичности насоса. Получены экспериментальные зависимости входящих в основное расчётное уравнение функций F_1 и F_2 , характеризующих особенности рабочего процесса СВН.

4. Установлены оптимальные соотношения основных геометрических параметров р.к.:

- относительная ширина лопатки $\bar{b}_{\text{лот}} = 0,2$;
- число лопаток $\bar{Z}_{\text{лот}} = 10$;
- относительная толщина лопатки $\bar{\delta}_{\text{лот}} = 0,01 \div 0,02$.

5. Разработана и экспериментально проверена методика расчёта СВН типа Туро с улучшенными энергетическими качествами.

6. Получены практические рекомендации по изменению характеристик при доводке насоса в процессе эксплуатации.

7. Получен экспериментальный материал, позволяющий наметить пути дальнейшего совершенствования СВН.

8. Создан опытный образец сточномассного свободновихревого насоса СМС 150-125-315, являющийся типовым представителем ряда насосов СМС, имеющий повышенный на 4% к.п.д. по сравнению с техническим заданием.

В соответствии с планом Министерства химического и нефтяного машиностроения СССР серийное производство насоса СМС 150-125-315 будет организовано на Рыбницком насосном заводе в 1988 году. Ожидаемый экономический эффект на годовую программу выпуска насосов составит $600,4$ тыс. рублей.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Герман В.Ф., Ковалёв И.А., Чебаненко И.А. Влияние геометрических параметров рабочего колеса свободновихревого насоса на его характеристики. -В сб.: Гидравлические машины. -Харьков: Вища школа, 1984, вып. 18, с. 75-77.

2. Герман В.Ф., Котенко А.И. Влияние выдвигания рабочего колеса на параметры свободновихревого насоса. -Сумы, 1983. -7с. -Рукопись представлена Сумским филиалом ХПИ им. В.И. Ленина. Деп. в ЦИНТИХимнефтемаш 31 июля 1984, № II3I.

3. Опыт применения свободновихревого насоса на угольных обогатительных фабриках. /В.И. Никитин, В.В. Малюшенко, В.Ф. Герман и др./ -В сб.: Гидравлические машины. -Харьков: Вища школа, 1982, вып. 16, с. II2-II3.

4. Малюшенко В.В., Герман В.Ф. Перспективы развития и использования насосов свободновихревого типа для взвесей. -Всес. н.-т. конференция по гидромашиностроению: Тез. докл. конфер. -Сумы, 1978, с. 50-54.

5. Положительное решение от 27.03.84 по заявке № 3560098/25-6 (036918). Свободновихревой насос. /А.И. Котенко, А.С. Наземцев, В.Ф. Герман.

6. Положительное решение от 19.04.84 по заявке № 3671441/25-06 (169822). Свободновихревой насос. /И.А. Ковалёв, А.А. Евтушенко, В.И. Склабинский, В.Ф. Герман.

Закончено

