М559606

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования
СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ВАСИЛЕНКО Леонид Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМООСНЫХ СПИРАЛЬНЫХ ПОДВОДОВ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

Специальность 05.04.03 - Гидравлические машины, машины и аппараты холодильной и криогенной техники

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

Москва
1980

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ВАСИЛЕНКО Леонид Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМООСНЫХ СПИРАЛЬНЫХ ПОДВОДОВ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

1359606
Василенко Л.А. Исследование

Специальность 05.04.03 - Гидравлические машины, машины и аппараты холодильной и криогенной техники

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

Москва
1980

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте атомного и энергетического насосостроения - (ВНИИАЭН)

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор РУДНЕВ С.С.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, ШАПИРО А.С., кандидат технических наук, доцент МЕЛАЩЕНКО В.И.

Ведущая организация - указано в решении специализированного совета.

Защита состоится "____"_____ 1980 г. в _____ часов на заседании специализированного совета К053.15.07 Московского ордена Ленина и Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана, г.Москва, 2-я Бауманская, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

Автореферат разослан " " _____ 1980 г.

Ученый секретарь специализированного совета В.Н.Козлов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Развитие отечественного насосостроения для тепловой и атомной энергетики, химической и нефтяной промышленности, других отраслей народного хозяйства идет по пути создания укрупненного насосного оборудования со все возрастающими значениями подач в одном насосном агрегате. В качестве примеров можно указать на гамму конденсатных насосов с подачами 1000-2000 м3/ч, питательный турбонасос с подачей 3750 м3/ч, нефтяные подпорные насосы с подачами 2500-5000 м3/ч.

Создание столь мощного насосного оборудования предъявляет повышенные требования ко всем элементам проточной части, включая подвод. Особенно это имеет значение в тех случаях, когда жидкость из подводящего трубопровода поступает к рабочему колесу сбоку, под прямым углом к оси вала. Известно немало случаев, когда насос с боковым подводом не давал тех характеристик, которые следовало ожидать на основании результатов испытаний рабочих органов с осевым подводом, а неудачно спроектированный боковой подвод приводил к ощутимому падению к.п.д. и всасывающей способности лопастного насоса по сравнению с осевым подводом.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Исследованию центробежных и шнекоцентробежных ступеней с боковым подводом посвящено немало работ как в нашей стране, так и за рубежом. Вместе с тем ни в одной из них не рассматривался вопрос создания оптимальных форм боковых подводов, обладающих минимально возможным гидравлическим сопротивлением, равномерным распределением скоростей потока в выходном сечении и заданной величиной момента скорости в том же сечении. Совершенно отсутствуют данные по проектированию одной из разновидностей боковых подводов – прямоосных спиральных подводов, под которыми понимаются спиральные подводы с симметричным относительно оси насоса расположением входного отверстия.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработка рекомендаций по проектированию прямоосных спиральных подводов на заданную величину закрутки потока на входе в рабочее колесо при минимально возможном гидравлическом сопротивлении подвода и достаточно равномерном распределении скоростей в выходном сечении.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Обобщение опыта проектирования спиральных подводов турбомашин. Разработка гидродинамической модели течения в прямоосном спиральном подводе. Установление связей между геометрическими параметрами прямоосного спирального подвода и его гидродинамическими характеристиками. Исследование влияния характеристик подвода на внешние характеристики экспериментального насоса.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ работы заключается в разработке рекомендаций по проектированию прямоосных спиральных подводов применительно к многоступенчатым насосам секционного типа. Некоторые из рекомендаций могут быть распространены и на другие формы спиральных подводов, отличные от прямоосных.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Полученные в работе рекомендации были применены при разработке двухпоточного варианта модельной проточной части ПЦН 45000-100, питательного турбонасоса ПТ 3750-75, опытного насоса Н99.5Х3.100.00 СБ для проведения научно-исследовательских работ, а также при создании подводов для специальных насосов. По результатам работы разработан руководящий технический материал "Насосы центробежные. Подводы прямоосные спиральные. Методика проектирования" (РТМ0610-23-80).

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные результаты диссертационной работы рассматривались на заседании НТС ВНИИАЭН в 1980 г., докладывались на научно-технической конференции в Калужском филиале МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1975 г. и на Всесоюзной научно-технической конференции в г. Сумы в 1978 г., заслушивались на заседаниях кафедры К-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1976 и 1979 г.г.

ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 209 страниц, включая 87 рисунков, 5 таблиц и библиографию из 53 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ дается обоснование выбора объекта исследования и постановка задачи. Показано, что из трех типов боковых подводов - прямоугольных, кольцевых, спиральных - лучшими в гидравлическом отношении являются спиральные с несимметрично установленным языком по отношению к оси входного

отверстия подвода. Наличие спирали обеспечивает конфузорность проточной части подвода и благодаря этому малые гидравлические потери в нем, а несимметрично установленный язык – циркуляцию скорости вокруг проходного вала, что способствует выравниванию скоростей потока в окружном направлении на входе в рабочее колесо.

Далее показывается, что, несмотря на указанные преимущества, несимметричные спиральные подводы мало изучены. Так, для кривоосных спиральных подводов, у которых ось входного отверстия смещена по отношению к оси насоса, число отработанных форм ограничено одним лишь полуспиральным подводом. Для прямоосных спиральных подводов отработанных форм вообще нет.

Несовершенна методика проектирования несимметричных спиральных подводов. По существу она ограничивается рекомендациями по выбору размеров начального сечения спирали, причем имеющиеся рекомендации получены лишь для определенной формы, применяемой в насосах типа Д. Для иных форм, в том числе для прямоосных спиральных подводов, эти рекомендации непригодны. На основании вышесказанного в качестве объектов исследования принимаются несимметричные спиральные подводы. Область исследования их ограничивается прямоосными спиральными подводами, как наименее изученными и представляющими большой практический интерес.

На рис. I показаны внешние очертания таких подводов и их характерные геометрические размеры. В качестве размера, к которому относятся все линейные размеры подвода, принят единичный линейный размер D_q, определяемый, как корень кубический из отношения расчетной подачи Q, м3/ч, насоса к частоте вращения n, об/мин, приводного вала. Основными геометрическими параметрами прямоосных спиральных подводов являются :

$\varphi_0 \cdot рад.$

– безразмерный угловой параметр, определяющий положение языка в плане относительно оси входного отверстия подвода ;

$$a_0 = \frac{1}{D_q} \int_{z_1}^{z_0} \frac{B}{r} dz$$

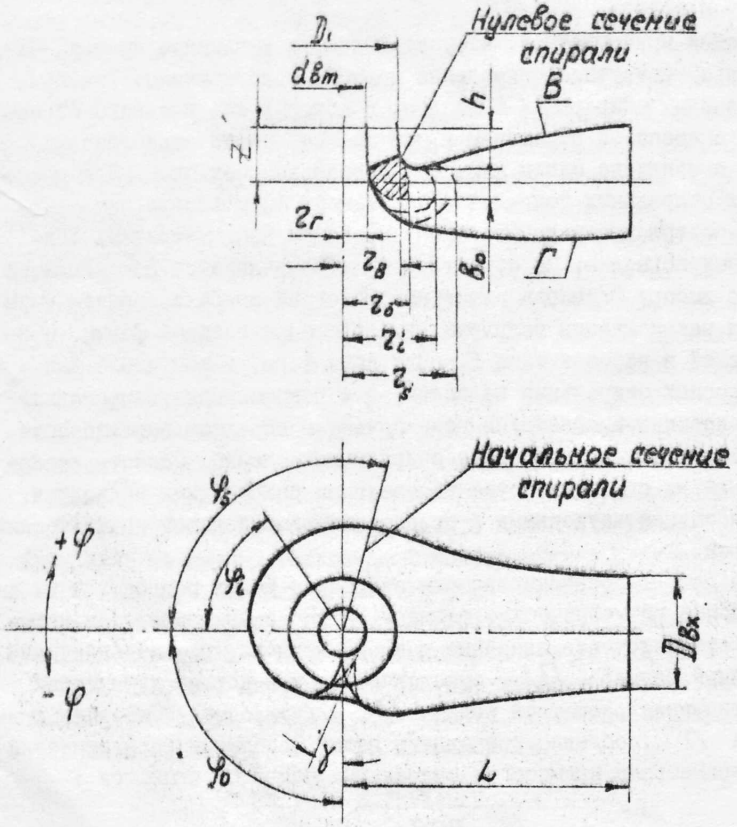


Рис. I. Прямоосный спиральный подвод

– безразмерный линейный параметр, определяющий протяженность языка, расположенного в нулевом сечении спирали ;

$$a_{сп} = \frac{\int_{r_r}^{r_s} \frac{b}{r} dr - \int_{r_r}^{r_0} \frac{b}{r} dr}{D_2 \cdot (\varphi_s - \varphi_0)}$$

– безразмерный параметр, характеризующий степень увеличения размеров осевых сечений спирали от языка по направлению ко входу в спиральную часть подвода.

Каждой совокупности значений указанных параметров при принятых значениях остальных параметров (D_1/D_2, L/D_2 и т.д.) и заданном расходе жидкости через подвод Q будут соответствовать :

значение момента скорости K_1 на выходе из подвода – характеризуется коэффициентом закрутки

$$m = \frac{K_1 \cdot b_0}{Q},$$

где b_0 – высота нулевого сечения спирали ;

гидравлические потери в подводе $h_п$ – характеризуются коэффициентом сопротивления

$$\zeta = \frac{2g h_п}{V_{п_{ср}}^2},$$

где $V_{п_{ср}}$ – средняя осевая составляющая скорости в выходном сечении подвода (g – ускорение силы тяжести) ;

качество потока в выходном сечении – характеризуется степенью асимметрии потока δ , определяемой как степень отклонения текущих значений компонентов скорости по окружностям выходного сечения подвода от своих средних для каждой окружности значений (вывод выражения для δ дается в III-ей главе).

Постановка задачи заключалась в следующем: 1 – установить связь между геометрическими параметрами φ_0 ; a_0 , $a_{сп}$ прямоосного спирального подвода и его гидродинамическими характеристиками m , ζ , δ ; 2–выявить влияние указанных

характеристик на внешние характеристики экспериментальной ступени - напор H, мощность N, к.п.д. η, критический кавитационный запас $\Delta h_{кр}$; 3 - располагая полученными данными, разработать методику проектирования прямоосных подводов на требуемую величину момента скорости K, в выходном сечении подвода при минимальных значениях ξ и ϑ.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена рассмотрению плоской модели прямоосного спирального подвода.

Переход от действительной формы прямоосного спирального подвода к плоской модели базируется на допущении, что форма осевых сечений спирали не оказывает существенного влияния на величину момента скорости K, и качество потока в выходном сечении подвода, если параметры φ_0, a_0 и $a_{сп}$ при переходе от одной формы сечений спирали к другой остаются без изменения. Это допущение позволяет заменить действительные проходные сечения подвода, имеющие переменную по длине сечения высоту b, эквивалентными прямоугольными сечениями постоянной высоты, равной высоте нулевого сечения спирали b_0. В результате получается упрощенный по форме подвод, именуемый эквивалентным спиральным подводом. Его спиральный участок в плане представляет собой отрезок логарифмической спирали с углом подъема

$$\beta = arc\,tg\left(a_{сп}\frac{D_г}{b_0}\right)$$

Рассекая такой подвод плоскостью, перпендикулярной оси выходного сечения, заменяя выходное сечение линейным стоком и рассматривая течение в получающемся таким образом плоском подводе как часть общего течения от плоскопараллельного потока и вихревого стока, обтекающего отрезок логарифмической спирали со стоком в полюсе спирали, приходим к плоской модели прямоосного спирального подвода.

Внешние очертания ее при одном из возможных расположений точек разветвления потока на контуре логарифмической дужки показаны на рис. 2. Линии тока n и ρ, идущие из бесконечности к точкам разветвления I и 2, имитируют очертания подводящего канала в плане, точка схода 3 имитирует язык. В по-

люе спирали (точке М) помещен вихресток с расходом $q = Q/b_0$ и циркуляцией $\Gamma = 2\pi K_1$. Предполагается, что линия тока ρ и ρ при удалении на бесконечность асимптотически приближаются к двум прямым, параллельным оси x и равноудаленным от нее (условие прямоосности).

Геометрическим параметрам φ_0 и $\sigma_{сл}$ в плоской модели соответствуют углы φ_0 и β, а гидродинамическим характеристикам m и δ - характеристики

$$m_r = \frac{\Gamma}{2\pi q}, \quad \delta_r = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{v_u}{v_r} - \frac{\Gamma}{q}\right)^2},$$

где δ_r - определяется для окружности радиуса r_1.

Следовательно, применение плоских моделей позволяет проанализировать влияние некоторых параметров прямоосных спиральных подводов на часть их характеристик.

Для отыскания зависимостей $m_r = m_r(\varphi_0, \beta)$ и $\delta_r = \delta_r(\varphi_0, \beta)$ был применен метод конформного отображения плоскости модели на вспомогательную плоскость, в которой дужка спирали превращается в единичную окружность, а полюс спирали при отображении переходит в некоторую точку, расположенную вне окружности. Точки разветвления потока при отображении располагаются на контуре единичной окружности.

Расчеты показали, что увеличение угла отклонения языка от симметричного положения должно приводить к увеличению момента скорости за подводом и к уменьшению степени асимметрии формируемого им потока. Величина момента скорости существенно зависит от величины $\sigma_{сл}$. Для получения больших значений m следует стремиться к максимально возможным значениям φ_0 и минимальным значениям $\sigma_{сл}$. При этом, однако, сильно растет степень асимметрии потока, что накладывает ограничения на величину момента скорости, которую в состоянии создать прямоосный спиральный подвод.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ приводятся сведения о принятой методике экспериментальных исследований и дается описание опытных моделей подводов. Предварительно вводится степень асимметрии потока δ, определяемая как среднее арифметическое средних квадратических отклонений текущих направлений векторов скорости по окружностям выходного сечения подвода от средних

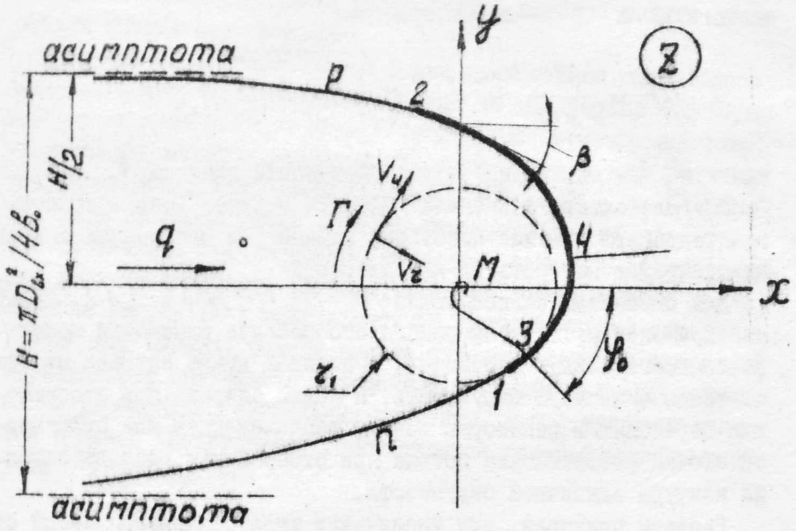


Рис. 2. Плоская модель прямоосного направляющего подвода

для каждой окружности направлений.

Исследование влияния геометрических параметров прямоосных спиральных подводов на их характеристики проводилось на аэродинамическом стенде путем продувок "изолированных" подводов. Они изготавливались из эпоксидной смолы с наполнителем из стекловолокна. Конструкция опытных моделей подводов позволяла изменять угол установки языка относительно оси входного сечения, протяженность языка и раскрытие спирали от языка по направлению к начальному сечению спирали. Соответствующие параметры изменялись в следующих пределах: φ_0 - от 0° до -135° ; a_0 - от 0,29 до 1,57 ; $a_{сп}$ - от 0,53 до 0,77. Всего испытывалось 16 вариантов подводов. У всех вариантов, за исключением одного, кромка языка располагалась радиально по направлению к оси выходного сечения. У варианта подвода с углом установки языка φ_0 = -135° язык по конструктивным соображениям был установлен под углом 24° к радиальному направлению в сторону закрутки потока.

Исследование влияния характеристик подводов на внешние характеристики экспериментальной ступени проводились на гидравлическом стенде. В состав его входил опытный насос со ступенью n_s = 110 с расчетной подачей Q = 300 м3/ч и с частотой вращения n = 1500 об/мин. На эти же параметры проектировались варианты моделей подводов, которые после продувки использовались при проведении испытаний насоса. Варианты проточной части насоса отличались только формой подвода (рабочее колесо и отвод были неизменными). Так как закрутка потока на входе в рабочее колесо была разной, сравнение вариантов по величине $\Delta h_{кр}$ производилось при разных подачах, таких, при которых направление относительной скорости по окружности входа диаметра D_1 было неизменным. Это позволило "отделить" подвод от рабочего колеса и благодаря этому выявить влияние формы подвода на кавитационные качества опытного насоса. Исследование влияния формы подвода на энергетические качества опытного насоса проводилось по обычной методике (сравнивались характеристики $H-Q$, $N-Q$, $\eta-Q$).

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ излагаются результаты исследования влияния геометрических параметров прямоосных спиральных подводов на их характеристики. В ней приводится также описание аэродинамической установки, техники проведения испытаний и обработки опытных данных.

В состав опытной установки входили аэродинамическая труба, прибор для измерения поля скоростей и давлений на входе в испытуемые модели подводов, прибор для измерения поля скоростей и давлений на выходе из моделей подводов и прибор для измерения момента количества движения потока на выходе из подводов. Испытуемые модели устанавливались со стороны выхода потока из аэродинамической трубы.

Измерения момента количества движения потока за подводами проводились с помощью гидродинамической решетки. По данным измерений определялись значения коэффициентов закрутки m .

Измерения скоростей и давлений на выходе из подводов проводились с помощью пятиканального шарового зонда по 6 радиальным сечениям, расположенным через 60°, в 7 точках в каждом. По данным измерений определялись скорости и давления в каждой измерительной точке, распределения скоростей и давлений по окружности мерного сечения, значения коэффициентов сопротивления ζ и степени асимметрии δ . Для оценки достоверности полученных результатов расход, полученный интегрированием по данным зондирования, сравнивался с расходом, измеренным с помощью расходомерного сопла, а момент скорости, полученный интегрированием по данным зондирования, сравнивался с моментом скорости, измеренным с помощью решетки. Расхождения не превышали 3–5% по расходу и 7–9% по моменту скорости.

Исследования опытных моделей подводов показали следующее.

Увеличение угла отклонения языка φ_0 от симметричного положения ведет к увеличению коэффициента закрутки m , который тем больше, чем больше угол отклонения языка. Одновременно с этим наблюдается некоторое увеличение коэффициента ζ и величины δ .

Увеличение протяженности языка, которая характеризуется параметром σ_0 , приводит к уменьшению коэффициентов ζ и m и величины δ . Чем меньше по абсолютной величине угол φ_0 , тем более резко проявляется эта закономерность. Минимальные значе-

ния ζ, равные 0,10-0,12, получены при α_0 =1,02-1,57 и φ_0 = -45°. При малых значениях α_0 наблюдается сильное увеличение коэффициента ζ, который достигает значений 0,5-0,7.

Увеличение параметра $\alpha_{сп}$ (что означает увеличение размеров осевых сечений спирали) ведет к уменьшению коэффициента закрутки потока. Коэффициент сопротивления и степень асимметрии при этом сначала несколько уменьшаются, а затем, начиная со значений $\alpha_{сп}$ = 0,5-0,6, резко возрастают. Существование минимума по ζ объясняется тем, что размеры входного отверстия подводов были неизменными. При этом по мере увеличения раскрытия спирали имеет место переход потока в патрубке подвода из конфузорного в диффузорный.

Интересные данные получены при испытаниях подвода с максимальным углом установки языка φ_0 = -135°, который был расположен под углом к радиальному направлению. Ожидалось, что вследствие максимальной величины закрутки потока коэффициент ζ для данного варианта подвода должен был быть существенно больше, чем при меньших углах установки языка при неизменных значениях α_0 и $\alpha_{сп}$. В действительности коэффициент сопротивления у данного подвода оказался наименьшим, причем даже по сравнению с подводом, имеющим симметричное расположение языка. Таким образом, при закручивании потока в прямоосном спиральном подводе гидравлические потери в нем могут не увеличиваться, а, наоборот, уменьшаться, если при отклонении языка от симметричного положения на угол φ_0 одновременно отклонять его от радиального в плане направления на некоторый угол γ (см. рис. 1). Если допустить линейную зависимость между этими углами, связь между ними может быть выражена приближенным эмпирическим соотношением

$$\gamma = 0{,}18 \cdot \varphi_0 .$$

Это позволяет при оптимальных значениях $\alpha_0 \geq 1$ и $\alpha_{сп}$ = 0,5-0,6 получить минимальные значения коэффициентов ζ и β в диапазоне углов φ_0 от 0 до -135°.

Помимо определения гидродинамических характеристик, были построены кривые распределения расходной и окружной составляющих скорости по окружностям выходного сечения подводов, а также линии тока в проекции на плоскость входного сечения. Они позволили объяснить многие результаты экспериментов. Кроме того, было выполнено сравнение теоретических значений коэффициентов закрутки $m_т$ с экспериментальными значениями m. Во всем диапазоне углов φ_0 от 0^0 до -135^0 получено качественное соответствие, а в диапазоне углов от 0^0 до -90^0 – близкое количественное совпадение. Следовательно, в указанном диапазоне углов φ_0 момент скорости K_1 может быть определен расчетным путем.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ дается описание экспериментальной насосной установки, приводятся сведения о методике проведения испытаний опытного насоса и обработке опытных данных, излагаются результаты испытаний.

Было выявлено уменьшение напора и мощности опытного насоса при увеличении закрутки на входе в центробежное колесо. Прочие характеристики подводов – коэффициент сопротивления и степень асимметрии потока в выходном сечении – практически не сказываются на энергетических характеристиках насоса, так как гидравлические потери, обусловленные влиянием данных факторов, при быстроходности ступени $n_s = 110$ крайне малы в общем балансе потерь. Этим же объясняется отсутствие влияния формы подвода на к.п.д. насоса. При больших значениях n_s влияние подвода на к.п.д. насоса должно быть существенным.

Установлено, что закручивание потока на входе в рабочее колесо при оптимальных значениях C_0 и C_{cn} и отличном от нуля значении угла φ_0 заметно улучшает кавитационные качества центробежной ступени. Причиной улучшения является уменьшение относительных скоростей на входе в рабочее колесо, снижение гидравлических потерь в подводе, а также улучшение качества поступающего в рабочее колесо потока. Для ступеней с лучшими вариантами подводов были достигнуты значения $C_{кр}$, равные 1350–1400.

Сравнение кавитационных характеристик $C_{кр} - Q$ экспериментальной ступени с одним из лучших вариантов прямоосных спиральных подводов и с осевым подводом показало, что в широком диапазоне режимов кавитационные характеристики практически равно-

ценны. Некоторое ухудшение при боковом подводе жидкости наблюдается на перегрузочных режимах, однако оно не превышает 50-100 ед. $C_{кр}$. Следовательно, применение прямоосных спиральных подводов, создающих закрученный поток, позволяет при оптимальном профилировании спирали и языка обеспечить практически такие же кавитационные качества центробежной ступени, что и при осевом подводе.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ приводится методика проектирования прямоосных спиральных подводов применительно к центробежным секционным насосам на заданную величину момента скорости K, на выходе из подвода при известных значениях подачи насоса Q, частоты вращения приводного вала n, диаметра вала (или втулки вала) $d_{вт}$ и диаметра входа в рабочее колесо D_1.

Методика базируется на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных автором. В отличие от применяемой в настоящее время методики проектирования спиральных подводов она позволяет определить не только размеры начального сечения спирали, но и угол установки языка в плане, а также размеры языка и форму спирали. Методика определяет определяет также общий порядок проектирования прямоосных спиральных подводов, в ней содержатся конкретные рекомендации по профилированию спирального и неспирального участков подвода. Применение указанной методики позволяет спроектировать прямоосный спиральный подвод на заданный коэффициент закрутки с минимальными значениями коэффициента сопротивления подвода ζ, не превышающими 0,10-0,12 и с достаточно высоким качеством потока в выходном сечении. Это обеспечивает примерно такие же кавитационные качества центробежной ступени, как и при осевом подводе в форме конического конфузора, в широком диапазоне подач. Некоторые из рекомендаций, излагаемых в методике, могут быть распространены и на иные формы спиральных подводов, отличные от исследованных (например, на полуспиральные подводы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований выявлены геометрические параметры, оказывающие наиболее существенное влияние на гидродинамические характеристики прямоосных спиральных подводов.

МВТУ
им. [illegible]
Ф[illegible]

2. Установлена связь между определяющими геометрическими параметрами и характеристиками прямоосных спиральных подводов, выявлено их влияние на внешние характеристики центробежной ступени средней быстроходности .

3. Разработана гидродинамическая модель течения в прямоосном спиральном подводе, качественно верно отражающая основные особенности течения в реальном подводе .

4. Разработана методика проектирования прямоосных спиральных подводов, позволяющая спроектировать подвод на заданную закрутку потока с минимальными потерями в подводе и высоким качеством потока в выходном сечении.

5. Применение разработанной методики позволяет обеспечить примерно такие же кавитационные качества центробежной ступени, как и при лучшей форме подвода в виде прямоосного конического конфузора.

Рекомендации по проектированию прямоосных спиральных подводов были применены при разработке двухпоточного варианта модельной проточной части ГПН 45000-100, питательного турбонасоса ПТ3750-75, опытного насоса Н99.5I3.100.00 СБ, а также при проектировании подводов к специальным насосам.

Основные положения диссертации опубликованы в работах :

I. А.А.Пырков, Г.А.Жаров, В.М.Жуков, Л.А.Василенко, В.Ф.Шкарбан . Конденсатные насосы для энергетики. ЦИНТИхимнефтемаш, серия ХМ-4, 1970, 41с. (раздел "Подводящие устройства").

2. Л.А.Василенко. Исследование прямоосных спиральных подводов лопастных насосов. Тезисы доклада на Всесоюзной научно-технической конференции по гидромашиностроению (6-7 июля 1976г.) "Проблемы и направления развития гидромашиностроения", М., 1978г., с.91-92.

3. Л.А.Василенко. Применение плоской модели для определения момента скорости за спиральным подводом. Тезисы доклада на VI-ой научно-технической конференции, посвященной 110-ой годовщине со дня рождения В.И.Ленина (16-17 июня 1980г.), Калуга, 1980, с.96-97.

БМ 01512 ООП ВЦ Сумоблстатуправления 25/4-80г. зак.№479, т. 120