

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЗАПУСКА УСТАНОВОК С ОСЕВЫМИ НАСОСАМИ

При работе малых электрофицированных насосных установок наиболее остро стоит проблема пуска после останова, вызванного внезапным погашением электроэнергии или другими причинами.

Среди известных более 20 способов предпусковой заливки насосных агрегатов [1], наиболее часто используются четыре:

- заливка при помощи вакуум-насоса;
- использование вспомогательного насоса;
- заливка из нагнетательного патрубка насоса;
- использование приподнятой всасывающей трубы.

На рис. 1 приведены структурные технологические схемы автоматизации пуска насосных агрегатов перечисленными способами. Из сравнения представленных схем (табл. 1) видно, что самой простой, а следовательно и надежной, является схема с использованием приподнятой всасывающей трубы и пуском на открытую задвижку (рис. 1 д). Самой сложной является схема заливки от вакуум-насоса при закрытой напорной задвижке (рис. 1 а).

Таблица 1

Сравнение различных схем автоматизированного
запуска насосных агрегатов

Характеристика схемы	Индекс схемы	Кол-во звеньев в схеме	Количество связей	
			гидравли- ческих	электри- ческих
При помощи вакуум-насоса	1 а	6	8	4
При помощи вспомогательного насоса	1 б	8	11	4
Из нагнетательного трубопровода	1 в	7	9	3
При помощи приподнятой всасывающей трубы, на закрытую напорную задвижку	1 г	5	6	3
При помощи приподнятой всасывающей трубы, на открытую напорную задвижку	1 д	4	5	2

Схеме запуска насосной установки с приподнятой всасывающей трубой присущ недостаток - прохождение воздуха через насос в процессе пуска вызывает вибрационные толчки всего агрегата, что ведет со временем к разбалтыванию всех соединений, сальников и т. д.

Для устранения этого недостатка в разное время было предложено следующее:

I. Осуществлять запуск насоса с приподнятой всасывающей трубой при частично прикрытой задвижке на напорном трубопроводе [2]. В этом случае диапазон скоростей воды во всасывающей трубе в процессе пуска устанавливается в пределах 0,8...1,25 м/с, воздух выносится малыми порциями, вибрации незначительны.

II. Использовать совместно с насосом водовоздушный эжектор, установленный в высшей точке колена всасывающей трубы [1, 2, 3]. Запуск насосного агрегата осуществляется на закрытую напорную задвижку. Отличительной положительной особенностью данной схемы является то, что воздух вообще не попадает в насос, а эвакуируется из всасывающей трубы эжектором.

III. Использование задвижки на всасывающем трубопроводе [4]. Задвижка в процессе запуска используется как эжектор. Трубкой небольшого диаметра соединяют высшую точку колена всасывающей трубы с низшей точкой сечения, в котором установлена задвижка. В процессе пуска задвижку частично прикрывают. Под ней образуется сужение, в котором устанавливаются большие скорости и малые давления, вследствие чего воздух удаляется из всасывающего трубопровода. Эксперименты показали, что время выноса воздуха сокращается. За счет эжектирующего действия задвижки вакуум перед насосом в течение периода запуска насоса значительно выравнивается.

Все вышеописанные усовершенствования технологической схемы запуска насосного агрегата с приподнятой всасывающей трубой предназначены для центробежных насосов и непригодны для осевых.

Так, схема I не может быть применена из-за того, что обязательное условие пуска осевых насосов - запуск на открытую задвижку. Прикрытие напорной задвижки может вызвать резкое увеличение потребляемой мощности и выход электродвигателя из строя. Для осуществления схемы II необходимо, чтобы напор, развиваемый насосом, был более 10,3 м, что редко встречается у малых осевых насосов. Схема III не может быть применена к осевым насосам ввиду их невысоких кавитационных качеств. Прикрытие задвижки на всасывающем трубопроводе, как известно, аналогично увеличению высоты всасывания, что может привести к срыву работы насоса.

В качестве средств, снижающих пусковые нагрузки осевого насоса, предлагается использовать байпасы с медленно закрывающимися задвижками, двухскоростные или регулируемые электродвигатели [5].

Для повышения надежности запуска осевого насоса с приподнятой всасывающей трубой нами предлагается использовать закрученный (циркуляционный) поток жидкости, принудительно создаваемый во всасывающей трубе в процессе пуска насоса. Схема разработанного устройства представлена на рис. 2. Устройство представляет собой камеру 5, установленную на всасывающем трубопроводе 4 перед рабочим колесом насоса 1. В камере равномерно по окружности размещены сопла. Посредством питающего трубопровода 6 камера 5 гидравлически связана с напорной 2 стороной насоса 1. На питающем трубопроводе 6 размещен клапан 7 с электромагнитным приводом. Клапан 8 служит для срыва вакуума в колене всасывающей трубы при останове насосной установки. Устройство, закручивающее воду, находящуюся во всасывающем трубопроводе, позволяет сократить время и увеличить надежность процесса запуска насосных установок с осевыми жестколопастными насосами.

Исследование процесса запуска насоса ОГ 8-25 с описанным устройством при помощи гидродинамического флюгера [6], позволило дополнить имеющуюся физическую картину процессов, происходящих при запуске. Флюгер был размещен в пространстве между камерой 5 и рабочим колесом насоса. Насос ОГ 8-25 был установлен в лаборатории на специальном бассейне.

Был исследован всасывающий трубопровод по рис. 2, параметры которого приведены в табл. 2. В табл. 3 приведены параметры исследованных устройств закручивания потока.

Таблица 2

Геометрические параметры всасывающего трубопровода

№ варианта	Восходящая часть			Горизонтальная часть		
	диаметр, м	длина, м	объем, м ³	диаметр, м	длина, м	объем, м ³
I	0,23	2,4	0,14	0,34	1,7	0,16
II	0,275	2,4	0,21	0,34	1,7	0,16
III	0,275	2,4	0,21	0,34	3,6	0,33

Таблица 3

Геометрические параметры устройства закручивания потока

№ варианта	Диаметр питающего трубопровода, м	Количество сопел	Размеры сопел, м	
			ширина	высота
A	0,1	8	0,12	0,008
B	0,14	8	0,15	0,012

Труба I варианта была оснащена закручивающим устройством варианта A (эксперименты были проведены В.Н.Машковым). Трубы II и III вариантов - закручивающим устройством варианта B.

Методика опытов заключалась в следующем. Замеряли уровень воды в бассейне, вычисляли геометрическую высоту всасывания $H_{вс}^z$. Запускали насос. Одновременно запускали секундомер, который выключали с выходом насоса в установившийся режим работы. Каждый опыт повторяли многократно в двух вариантах: при закрытом ($\varphi = 0$) и открытом ($\varphi = 90^0$) клапане 7 питающего трубопровода 6. Специальным насосом откачивали некоторый объем воды из бассейна, для понижения уровня в нем. После этого повторяли опыты при другой $H_{вс}^z$.

Задачами эксперимента было определение:

- уточненной физической картины процессов, происходящих при пуске насоса;
- оптимальной величины объема воды, находящейся в полости приподнятой всасывающей трубы перед пуском;
- зависимости влияния закрутки потока во всасывающей трубе на продолжительность процесса запуска.

Физическая картина процессов, происходящих при пуске насоса с закрытым клапаном 7. В начальный момент времени вблизи стенки всасывающей трубы и прилегающей к ней слои воды (толщиной примерно 4 см) происходят обратные токи жидкости. По прошествии некоторого времени токи жидкости в обратном направлении сменяются закрученностью потока в направлении, обратном вращению рабочего колеса. Это указывает на наличие в этой зоне интенсивного вихря. По-видимому, образование его можно объяснить увеличенной циркуляцией жидкости через радиальный зазор между рабочим колесом и камерой вследствие износа последних. При этом струи, дви-

жущиеся в зазоре с напорной стороны во всасывающую, сталкиваются с потоком, текущим в основном направлении и закручиваются.

Подача насоса в этот период не происходит вообще или происходит рывками, так как в это время через насос проходит водовоздушная смесь. По мере удаления из всасывающего трубопровода воздуха эпюра скоростей потока все более выравнивается и с полным удалением воздуха из полости всасывающей трубы насос выходит на расчетный режим подачи.

При запуске, происходящем при открытом клапане 7 питающего трубопровода 6, инжектируемые из сопел струи закручивают находящуюся во всасывающей трубе воду. При этом из-за малых скоростей течения потока во всасывающей трубе в начальный период процесса запуска закручивается практически весь объем воды, находящийся в пределах соплового аппарата (рис. 3). При интенсивном вращении на оси потока закрутка происходит в противоположную сторону, давление в этой области понижается и возникает противоток, т. е. движение от рабочего колеса насоса. Понижение давления приводит к увеличению вакуума перед рабочим колесом, под действием которого воздух, находящийся во всасывающем трубопроводе, вовлекается во вращательное движение и в виде воздушно-водяного полого шнура, расположенного на оси, участвует в общем движении.

Как показали замеры величины разрежения непосредственно перед рабочим колесом, при открытом клапане питающего трубопровода вакуум возрастал до 3 м (при закрытом клапане его величина составляла 1,8 м). Очевидно, что возросшее разрежение и закрутка потока перед рабочим колесом способствуют более быстрой эвакуации воздуха из всасывающей трубы.

Результаты исследований по определению оптимального предпускового объема воды представлены на рис. 4. Полученные данные позволили сделать следующие выводы:

Уменьшение объема воздуха, находящегося в приподнятой всасывающей трубе перед запуском и подлежащего удалению, способствует некоторому увеличению предельно достигаемой высоты всасывания. Однако при этом вследствие возрастания гидравлических потерь в восходящем участке всасывающей трубы "рабочая точка" смещается в нерабочую область характеристики насоса, что делает невозможной его эксплуатацию.

Увеличение первоначально имеющегося объема воды не приводит к существенному увеличению достигаемой геометрической высоты всасывания. При этом отмечено возрастание продолжительности выхода насоса в расчетный режим и громоздкость установки.

Таким образом, оптимальными размерами обладает II вариант. Всасывающая труба варианта II-Б была исследована при частоте вращения рабочего колеса $n = 980$ и 1450 мин^{-1} . Результаты представлены на рис. 5. Можно видеть, что закручивание потока перед рабочим колесом значительно сокращает время запуска насосной установки с осевым насосом. Визуально было отмечено уменьшение по амплитуде и продолжительности вибрации насосного агрегата при прохождении воздуха через насос. Также необходимо отметить, что закручивание потока перед рабочим колесом эквивалентно уменьшению частоты вращения рабочего колеса (на частоту вращения закрученного потока). В нашем случае это означает уменьшение пускового момента электродвигателя.

ВЫВОДЫ

1. Предложена усовершенствованная технологическая схема запуска малых осевых насосов, устанавливаемых с положительной высотой всасывания.

2. Экспериментально подтверждено, что гидромеханическое закручивание жидкости в полости приподнятой всасывающей трубы в процессе пуска насоса увеличивает эксплуатационную надежность насосного агрегата за счет снижения вибраций и улучшает качество процесса пуска насоса за счет уменьшения времени выхода насоса в установившийся режим работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колпакова Т.И., Судаков В.П. Проектирование мелиоративных насосных станций в Средней Азии. - Ташкент: ТИИИМСХ, 1985. - 55 с.

2. Судаков В.П. Исследование пуска горизонтальных центробежных насосов с автоматическим самозаливом на мелиоративных насосных станциях. Автореф. дис...канд. техн. наук. - Ташкент, 1973. - 23 с.

3. Накладов Н.Н., Рычагов В.В. Исследования насосной установки с приподнятой всасывающей трубой // Гидравлика, использование водной энергии. - М., 1976. - С. 91-97. - (Труды / МГМИ; Том 48).

4. Кремез С.А. Экспериментальные исследования эжектирующего действия задвижки, установленной перед насосом на приподнятом всасывающем трубопроводе / Гидромелиорация и гидротехническое строительство: Респ. межвед. научн.-техн. сб. - Львов, 1981. - Вып. 9. - С. 42-45.

5. Messina J.P. Consider starting conditions before specifying propeller pumps // Power Engineering. - 1973. - 1. - pp. 58-60.

6. Беглов И.Ф. Исследование закрутки потока перед рабочим колесом осевого насоса // Проблемы механики (Ташкент). - 1996. - № 4. - С. 34-37.