

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАВИТАЦИИ
В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ ПУТЕМ БАЙПАССИРОВАНИЯ**

Подані результати експериментального дослідження двох методів байпасування відцентрового насосу на прикладі НШ-250-40. Досліджено характер зміни тиску потоку до насосу та сили струму електродвигуна. Доведено, що для попередження кавітації в насосах даного типу найбільш перспективним є використання байпас-ежектору.

Насосные установки с насосами центробежного типа широко распространены на промышленных, обогатительных и горнодобывающих предприятиях, в системах трубопроводного транспорта при перемещении нефте- и газопродуктов, в водопроводных, канализационных и отопительных сетях городов. При эксплуатации центробежных насосов имеют место их кавитационные режимы работы, причины которых могут самыми различными [1-4]. Это могут быть динамические явления в системе трубопроводов, нарушение установленного режима работы, изменение параметров перекачиваемой среды, неправильный выбор и монтаж оборудования, использование некоторых средств регулирования.

Возникновение кавитации в межлопастном пространстве рабочего колеса связано с понижением давления при обтекании его лопаток. Для предотвращения этого явления необходимо, чтобы удельная энергия потока при входе в насос была достаточной для обеспечения обтекания лопаток рабочего колеса без падения местного давления до значения, предшествующего началу кавитации.

Для центробежных насосов возможны следующие методы борьбы с кавитацией: снижение сопротивления всасывающего трубопровода, искусственное повышение давления перед насосом и изменение свойств перекачиваемой жидкости [3,4]. Сопротивление всасывающего трубопровода и параметры жидкости, как правило, определены заранее и в процессе эксплуатации не изменяются, или же для их изменения требуется дорогостоящее оборудование. Таким образом, наиболее перспективным является предотвращение кавитации за счет искусственного повышения давления перед насосом или в месте наиболее вероятного возникновения кавитации.

Известно использование для повышения давления основного потока дополнительного, так называемого бустерного, насоса, подающего в трубопровод струю большего давления [4]. Однако, этот способ обладает рядом недостатков, которые, в частности, не позволяют его использовать при перекачивании жидкостей отличных от воды. Кроме этого, реализация такого метода требует оборудования дополнительных насосных станций и сопряжена с дополнительным потреблением электроэнергии.

Альтернативой бустерному насосу, при предотвращении кавитации, может служить байпассирование насоса [4-7]. В этом случае повышение удельной энергии достигается путем турбулентного смешения двух потоков: низконапорного, идущего в насос, и высоконапорного, подаваемого из его нагнетатель-

ного патрубка. Для этого часть расхода перекачиваемой жидкости направляется в обход насоса из напорного патрубка в подводящий через специальный обводной трубопровод, так называемый байпас.

Этот способ обладает рядом преимуществ, в частности, он может быть использован при перекачивании аномальных и неоднородных жидкостей. Однако, для оценки его эффективности необходимо исследовать характер повышения давления и изменение потребления электроэнергии двигателем насоса.

Очевидно, что при байпасировании эффективность повышения давления зависит от направления входа высоконапорной струи в основной поток перед насосом. При этом все возможные варианты находятся между перпендикулярным впуском струи из байпаса и направлением ее в сторону насоса соосно с общим потоком. Первый случай характеризуется повышением гидравлического сопротивления подводящего трубопровода [7], а второй - эжектированием потока в подводящем трубопроводе [6].

В любом из случаев необходимое повышение давления на входе в насос (ΔP) определяется как разность между давлением, обеспечивающим безкавитационный режим работы, и существующим давлением на входе в насос:

$$\Delta P = \rho g z_o (Q - Q_b)^2 + \rho g H_o + 10 \rho g \left(\frac{n \sqrt{Q}}{C} \right)^{4/3} - (P_a - P_k),$$

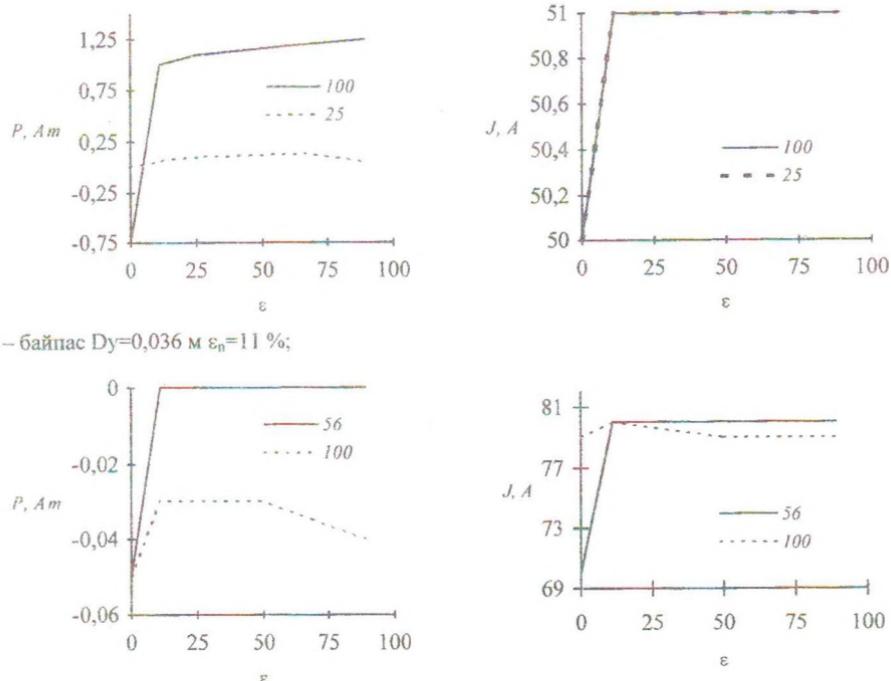
где P_a – атмосферное давление; Q_b – расход через перепускное устройство; H_o – высота всасывания насоса; C – константа Руднева; ρ – плотность перекачиваемой жидкости; g – ускорение свободного падения; n – число оборотов рабочего колеса насоса; z_o – гидравлическое сопротивление всасывающего трубопровода.

Характер изменений давления на входе в насос и потребляемой двигателем насоса мощности при двух видах байпасирования исследовался на испытательном стенде Моспинского РМЗ для центробежного насоса НШ-250-34. Нагнетающий и всасывающий трубопроводы стенда были соединены между собой перепускным устройством, которое позволяет реализовать оба указанных способа байпасирования. При этом соединение байпаса с напорным и всасывающим трубопроводами позволяет проводить испытания с перепускными устройствами различного диаметра. Испытательный стенд, на котором проводились экспериментальные исследования, был оснащен трубопроводом $D_y=150$ мм, мерным баком объемом 1 м³ и зумпфом объемом 22,8 м³, специальными измерительными приборами. Высота воды в зумпфе в ходе исследований поддерживалась на уровне отметки 1,62 метра.

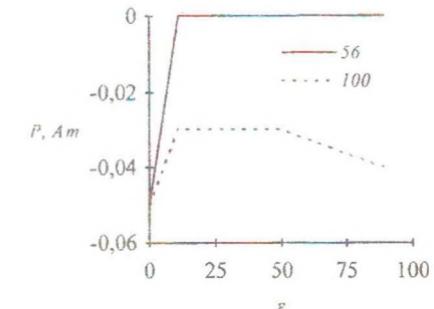
Управление расходом в трубопроводах испытательного стендса производилось задвижкой на выходе из нагнетательного трубопровода. Регулирование расхода через байпас осуществлялось при помощи задвижки, установленной на входе в него. Зумпф стенда отделяется от всасывающего трубопровода задвижкой, которой создавалось дополнительное гидравлическое сопротивление перед насосом.

Возможность предотвращения кавитации оценивалась по величине давления жидкости перед насосом. Так как в ходе экспериментов частота вращения электродвигателя и напряжения на его зажимах оставались равными 1500 об/мин и 380 В, то изменение потребляемой электроэнергии анализировали по величине силы тока статора двигателя насоса [5].

Результаты экспериментальных исследований, в виде графических зависимостей давления потока перед насосом и силы тока статора электродвигателя от степени открытия задвижки на байпасе, для различных гидравлических сопротивлений внешней сети приведены на рисунках 1 и 2. При этом гидравлические сопротивления нагнетающего и всасывающего трубопроводов характеризуются степенью открытия соответствующих задвижек.



а – байпас $D_y=0,036 \text{ м } \epsilon_n=11\%$;



б – байпас $D_y=0,02 \text{ м } \epsilon_n=29\%$

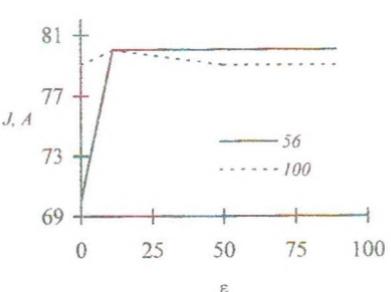
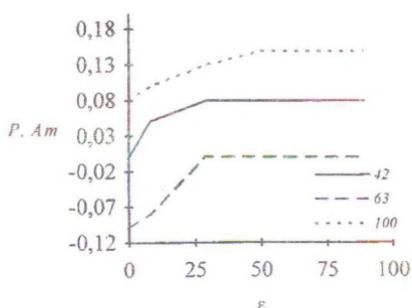


Рис 1 – Результаты экспериментальных исследований при байпасировании

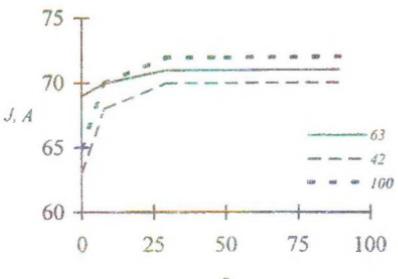
без эжектирования для разной степени открытия задвижки на нагнетающем трубопроводе.

Из рисунков видно, что во всех случаях при включении байпаса как давление потока жидкости, так и сила тока статора увеличиваются. При этом в случае байпасирования без эжектирования значения силы тока больше, а величина давления меньше, чем для случая байпасирования с эжектированием. Одновременно, при использовании простого байпаса в некоторых случаях наблюда-

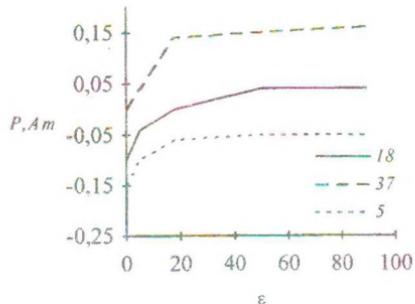
ется снижение как силы тока статора, так и давления жидкости по мере открытия задвижки.



а – байпас $Dy=0,05\text{ м}$ $\epsilon_0=21\%$;



а – байпас $Dy=0,05\text{ м}$ $\epsilon_0=21\%$;



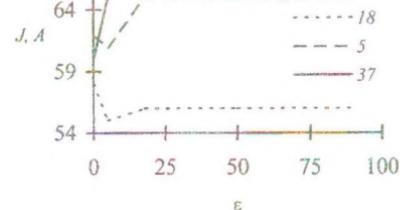
б – байпас $Dy=0,05\text{ м}$ $\epsilon_0=14\%$

Рис 2 – Результаты экспериментальных исследований при байпассировании с эжектированием для разной степени открытия задвижки на нагнетающем трубопроводе.

При использовании байпас-эжектора подобного не наблюдается. Во всех случаях кривые зависимостей выходят на установившиеся значения при перекрытии потока через байпас не более чем на 50%. В то время как при обычном байпассировании эта величина не превышает 20%.

Характер изменения силы тока при байпассировании без эжектирования практически не зависит от гидравлического сопротивления нагнетающего трубопровода. В то время как при байпассировании с эжектированием установившиеся значения и характер изменения силы тока при различном перекрытии задвижки отличаются между собой более сильно.

На всех графиках, которые приведены на рисунках 1 и 2, можно выделить две характерные зоны. В первой исследуемая величина существенно меняется за небольшое количество витков задвижки байпasa. Вторая зона характеризуется несущественным изменением величины при большом количестве витков. Во всех случаях первая зона имеет место при включении байпasa и соответствует открытию задвижки на 10-20 % сечения трубопровода. Вторая зона составляет весь оставший-



ся диапазон значений. Для обычного байпасирования диапазон резкого изменения давления значительно меньше, чем при использовании байпас-эжектора.

Использование обоих видов байпасирования центробежного насоса позволяет повысить давление перед насосом. Процесс байпасирования сопровождается повышением силы тока статора электродвигателя насоса, что требует для его использования в целях предотвращения кавитации введение ряда мер, обеспечивающих надежную работу насосного агрегата. Для этого можно рекомендовать оснащение двигателей насосов дополнительной системой охлаждения или установку двигателей большей мощности.

Использование байпас-эжектора для борьбы с кавитацией в центробежных насосах более эффективно, так как по сравнению с обычным байпасированием изменение давления и силы тока происходит в больших диапазонах и носит более плавный характер.

Основное регулирующее воздействие байпasa на давление перед насосом осуществляется в начальный период открывания задвижки, отсоединяющей его от нагнетательного трубопровода. Таким образом, эту задвижку можно использовать только для включения или выключения байпasa, применять ее для регулирования гидравлического сопротивления байпasa невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джваришивили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогатительных предприятий. - М.: Недра, 1986. - 384 с.
2. Дмитриев Г.П., Махарадзе Л.И., Гочиташвили Т.Ш. Напорные гидротранспортные системы. - М.: Недра, 1991. - 340 с.
3. Смоловыр А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. - М.: Металлургия, 1985. - 383 с.
4. Лимаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. - Л.: Машиностроение. Ленингр. от-ние, 1988. - 256 с.
5. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: В 2 кн. Редкол.: О.Н. Тихонов и др. - М.: Недра, 1988. - Кн. 2/ Г.И. Адамов, В.Ф. Баранов, Б.П. Бутусов и др. - 341 с.
6. Семененко Е.В., Саенко В.В. Анализ возможности управления насосом гидротранспортной установки при помощи байпасирования // Межведом. сб. науч. тр. «Геотехническая механика». - Днепропетровск. - 1999. - №12. - С. 108 - 112.
7. Флакс Л.М. Экспериментальные исследования взаимодействия ограниченного потока с плоской струей //Межвузовский сб. науч. тр. «Гидроаэромеханика и теория упругости». -Днепропетровск.-1990.-С.57-61.

УДК 622.232.72.063.43

С.С. Гребёнкин, А.И. Ильин, В.В. Стеблин

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНЫХ УЗКОЗАХВАТНЫХ КОМБАЙНОВ ТИПА «ПОИСК» НА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ С РЕЗКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ МОЩНОСТИ

Розглянуто варіанти застосування комбайнів на пластах, перевищаючих діапазон їх використання по потужності пласта. Запропонован, розроблен та випробуван в шахтних умовах варіант з використанням додаткових пристройів, які дозволяють експлуатацію очисних комбайнів типу «Поиск-3» на кругосхилих та похилих пластах потужністю до 1,4 м.

Угольные пласти ГХК «Первомайскуголь» имеют тенденцию к значительным колебаниям углов их падения и вынимаемой мощности. В отдельных случаях колебание по мощности пласта в пределах очистного забоя может достигать 60...70% от минимальной мощности. Основная масса угольных пластов имеет породные