

УДК 622.532:621.65.07

*д.т.н. Паламарчук Н. В.,  
Паламарчук Т. Н.  
(ДОНИЖТ, г. Донецк, ДНР, nasos\_@mail.ru)*

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЯД МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ШАХТНОГО И РУДНИЧНОГО ВОДООТЛИВА

*Разработан параметрический ряд новых насосов для шахтного водоотлива. Использована методология построения рационального типоразмерного ряда на базе двух доминирующих принципов: максимальная унификация базового образца, расширение в 1,5–1,8 раза рабочего диапазона напорной характеристики за счет применения четырех энергетически эффективных сменных проточных частей ступени в одном корпусе, использования новых конструкций и селективный подбор уплотнительных устройств и гидрояты для каждого исполнения насоса. Переход на предлагаемый параметрический ряд позволит сократить число применяемых типов шахтных насосов с 19 до 6.*

***Ключевые слова:** водоотлив, насос, унификация, параметрический ряд, модельная ступень, коэффициент быстроходности.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Производство шахтных насосов до середины 80-х годов прошлого столетия велось на базе централизованных заказов предприятий-потребителей без учета таких базовых принципов, как унификация и стандартизация. Количество их к периоду освоения серийного производства стандартизованных насосов марок МС и ЦНС (1968–1972 гг.) составило более 30 типов, число выпускаемых типоразмеров превышало 250 единиц.

Однако и после сокращения заводами-изготовителями к началу 90-х годов номенклатуры выпускаемых шахтных насосов их число составило 22 типа. Причиной многотипности конструкций насосов для водоотлива являлись, с одной стороны, неповторимость и разнообразие условий откачки шахтной воды на более чем 1,6 тыс. водоотливных установках (ВУ), а с другой — отсутствие обоснованного научного подхода к формированию принципов и требований, необходимых для создания унифицированного, энергетически эффективного, безопасного параметрического ряда насосов, экономически оправданного для изготовителя и потребителя.

В связи с увеличением глубины шахт, протяженности выработок, значительным усложнением гидрогеологических условий и

технологических схем откачки подземных вод, требованиями по согласованию графиков работы водоотливных установок (ВУ) с периодами максимума нагрузки в системе энергоснабжения необходим пересмотр методологии построения параметрического типоразмерного ряда шахтных насосов и общей концепции развития насосной техники для водоотлива.

Одним из способов, позволяющих построить параметрические ряды насосов, является сокращение числа модельных образцов ступеней. Этот принцип, например, использован при разработке типоразмерного ряда нефтяных насосов и секционных многоступенчатых насосов серии ЦНС. Однако, как показывает анализ, применение только этого способа для шахтных и рудничных насосов бывает недостаточным, а для отдельных участков поля «водоприток — высота водоподъема» действующих ВУ — и энергетически нецелесообразным.

**Постановка задачи.** Задачей данной работы является разработка и построение рационального ряда насосов для шахтного и рудничного водоотлива с минимальным количеством их базовых образцов.

**Изложение материала и его результаты.** В настоящее время на ВУ угольных шахт и рудников Российской Федерации и Украины в основном используется 13 типов

насосов ЦНС (изготовители: ООО «ЯНЗ», Тульская обл.; ОАО «Димитровградхиммаш», Ульяновская обл., Россия; ГОАО «Стахановский РМЗ», ЛНР) и шесть близких к ним по конструкции аналогов – НСШ («СНПО им. М.В. Фрунзе»; КЛМЗ, г. Красноармейск), ЦНСШ (ООО «Южгидромаш») и АЦНС АКАНТИ (АРМЗ, г. Антрацит). При этом из примерно 5,6 тыс. эксплуатируемых насосов 87 % объема насосного парка занимают насосы ЦНС 300-120...600 и ЦНС 180-85...425.

Авторами обработаны уточненные данные (на октябрь 2013 г.) по всем действующим ВУ угольных шахт и рудников Украины, включая шахты с сухой консервацией, построено поле водопритоков и водоподъема с равномерно изменяющимися интервалами притока и высоты водоподъема, а также поле рациональных (требуемых) режимов работы установок. Поле режимов охватывает зону по подаче в пределах от 30 до 1900 м<sup>3</sup>/ч и по напору от 20 до 1100 м. Значительная часть режимов ВУ (около 50 %) располагается в интервале 200–400 м<sup>3</sup>/ч и рабочих напоров 100–500 м.

Введено понятие «рациональный режим работы насосов с расширенным диапазоном рабочих подач», под которым понимаем режим работы насоса, обеспечивающий обязательное соблюдение режима максимальной экономии энергозатрат на водоотлив и полную откачку суточного притока в период внепикового потребления электроэнергии, т. е. в течение не более 16 часов. Также для построения параметрического ряда приняты следующие основные положения: а) допускается совместная параллельная работа на установке не более двух однотипных насосов на один трубопровод; б) требуемая область использования насоса на напорной характеристике ограничена не только высокими значениями КПД, но и условиями устойчивости режима в области малых подач и бескавитационной работы; в) единичная максимальная потребляемая мощность насоса, нормированная максимальной мощностью выпускаемых электродвигателей серии ВАО4, не должна превышать 1800 кВт;

г) для ВУ шахт и рудников Украины рассматривается использование базовых насосов с синхронной частотой вращения только 1500 мин<sup>-1</sup>; д) область применения новых типов насосов по напору определяется числом их ступеней от двух до одиннадцати.

Совмещение скорректированных рабочих зон применяемых шахтных насосов ( $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ) с полем энергетически оправданных рабочих режимов позволяет сделать ряд выводов:

1. По рабочему диапазону напоров и подач используемые 19 типов шахтных насосов не обеспечивают удовлетворительного покрытия поля водопритоков: около 44 % действующих ВУ находятся вне зон допустимого применения насосов по подаче и более 25 % — по напору.

2. Из-за отсутствия насосов с заданными параметрами полностью не перекрываются области подач в интервалах от 65 до 150 м<sup>3</sup>/ч, от 200 до 250 м<sup>3</sup>/ч, от 600 до 720 м<sup>3</sup>/ч.

3. Выделенные изолиниями внешние контуры рабочих полей насосов в зоне их максимальных напоров эквидистантно замыкаются вблизи прямой, координаты которой во всем диапазоне подач соответствуют значениям коэффициента быстроходности насоса  $n_s$  в интервале от 63 до 65.

4. Режимы области с наибольшим удельным числом установок могут быть обеспечены базовыми насосами, располагающими номинальными подачами от 125 до 310 м<sup>3</sup>/ч.

Эти данные позволяют обосновать основные параметры базовой модели насоса, являющиеся исходными величинами для построения всего ряда шахтных насосов.

При построении рационального типоразмерного ряда насосов для угольных и рудных предприятий России и Украины использованы два принципа создания базовой модели насоса: возможность унификации корпусных деталей у смежных по подаче насосов и расширения оптимальной зоны использования за счет варьирования различного сочетания сменных проточных частей (рабочих колес и направляющих аппаратов) и сменных узлов уравнивающего устройства (гидропята). Этот принципиаль-

но новый путь в построении параметрического ряда позволяет в 3,5 раза уменьшить число существующих типов насосов.

Некоторое усложнение конструкции, связанное с введением двух различных по профилю входных каналов отводов направляющих аппаратов и двух или трех типов рабочих колес, а также селективной установкой узла уравнивания осевой нагрузки ротора с заданными параметрами, компенсируется такими преимуществами, как: глубокая унификация насосного оборудования в пределах всего типоразмерного ряда шахтных насосов; расширение рабочей зоны напорной характеристики в одном насосе в 1,5–1,8 раза; достижение высоких зна-

чений КПД во всем рабочем интервале напорной характеристики; стабильная и устойчивая работа насосных агрегатов на общую трубопроводную сеть; значительное повышение надежности насоса.

В качестве базовых выбраны 6 насосов с основной модельной ступенью, имеющей коэффициент быстроходности 63 и оптимальные (номинальные) подачи 80, 125, 200, 315, 500 и 800 м<sup>3</sup>/ч. По известной зависимости, связывающей коэффициент быстроходности с основными рабочими параметрами насоса (подачей, напором и частотой вращения) определен напор на одну ступень в оптимальном режиме.

Таблица

Исполнение	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор ступени, м	$n_s$	Рабочая часть характеристики, м <sup>3</sup> /ч	Диаметр колеса, мм
Насос ЦНС 315-140...790					
№ 1	315	70	63	250-350	450
№ 2	250	70	56	200-270	450
№ 3	315	62	71	250-350	420
№ 4	250	62	63	200-270	420
Насос ЦНС 125-80...440					
№ 1	125	40	63	105-140	340
№ 2	100	40	56	85-110	340
№ 3	125	34	71	270-350	420
№ 4	100	34	63	210-270	420
Насос ЦНС 200-100...550					
№ 1	200	55	63	170-220	380
№ 2	160	55	56	135-175	380
№ 3	200	46	71	170-220	354
№ 4	160	46	63	135-175	354
Насос ЦНС 500-200...1000					
№ 1	500	100	63	425-550	530
№ 2	400	100	56	340-440	530
№ 3	500	86	71	425-550	495
№ 4	400	86	63	340-440	495
Насос ЦНС 800-280...560					
№ 1	800	140	63	680-880	610
№ 2	630	117	56	535-690	610
№ 3	800	140	71	680-880	565
№ 4	630	117	63	535-690	565

*Примечание к таблице.* Варианты исполнения: № 1 – базовая модель; № 2 – обуженное рабочее колесо; № 3 – подрезка рабочего колеса исполнения № 1; № 4 – подрезка рабочего колеса исполнения № 2.

Требуемый диапазон подач и напоров обеспечивается двумя конструктивными исполнениями ступени с коэффициентом быстроходности 63 (базовая) и 56 (зауженная) и двумя подрезками базового выходного диаметра рабочего колеса.

В таблице приведены параметры 5 насосов нового параметрического ряда шахтных насосов, которые рационально использовать на главных ВУ.

Для упрощения технологии изготовления и сборки насосов, имеющих четыре отмеченных в таблице варианта исполнения проточной части, возможно использование единой конструкции направляющего аппарата, рассчитанного по диаметру  $D_3$  на рабочее колесо основной модели. В этом случае подрезка выходного диаметра колеса должна проводиться только по лопаткам с сохранением диаметра ведущего и покрывного дисков.

Следует отметить, что для промышленного освоения параметрического ряда насосов не требуется, за исключением ЦНС 125–80...400, создание новых конструкций, отличающихся по габаритам и присоединительным размерам от применяемых насосов серии ЦНС.

В целях внедрения в угольной отрасли новой системы водоотлива, базирующейся

на временном нормативе (откачка суточного притока в период внепикового потребления электроэнергии, но не более чем за 16 ч), следует пересмотреть § 576 и § 579 Правил безопасности в угольных шахтах. Подачу насоса  $Q_H$  для водоотливной установки, имеющей суточный водоприток  $Q$ , надо выбирать с учетом соотношения  $Q_H = 1,5Q_{пр}$ , а объемы водосборников должны обеспечивать аккумуляцию воды в течение 8 ч.

Переход на новый типоразмерный ряд насосов и обеспечение режима откачки шахтного притока в часы минимума нагрузки энергосистемы позволит снизить эксплуатационные затраты на водоотлив на 25–30 %.

**Выводы.** Разработан параметрический ряд новых модернизированных шахтных насосов. Использование при построении ряда принципов максимальной унификации смежных по подаче исполнений насоса и применение четырех энергетически эффективных сменных проточных частей ступени в одном корпусе позволяет расширить в 1,5–1,8 раза оптимальную зону рабочего диапазона напорной характеристики для каждого базового типа насоса и полностью перекрыть поле водопотоков ВУ шахт России, Украины и республик Донбасса новыми насосами.

© Паламарчук М. В.

© Паламарчук Т. Н.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Харламовым Ю. А.*

*Статья поступила в редакцию 10.01.17.*

**д.т.н. Паламарчук М. В., Паламарчук Т. Н. (ДОНІЗТ, м. Донецьк, ДНР)**

### **ПАРАМЕТРИЧНИЙ РЯД МОДЕРНІЗОВАНИХ НАСОСІВ ДЛЯ ШАХТНОГО ТА РУДНИЧНОГО ВОДОВІДЛИВУ**

*Розроблено параметричний ряд нових насосів для шахтного водовідливу. Використана методологія побудови раціонального типорозмірного ряду на базі двох домінуючих принципів: максимальна уніфікація базового зразка, розширення в 1,5–1,8 рази робочого діапазону напірної характеристики за рахунок застосування чотирьох енергетично ефективних змінних проточних частин ступені в одному корпусі, використання нових конструкцій і селективний підбір ущільнювальних пристроїв і гідрон'яти для виконання кожного насоса. Перехід на пропонований параметричний ряд дозволить скоротити кількість застосовуваних типів шахтних насосів з 19 до 6.*

**Ключові слова:** водовідлив, насос, уніфікація, параметричний ряд, модельна ступінь, коефіцієнт швидкохідності.

**Doctor of Technical Sciences Palamarchuk N. V., Palamarchuk T. N. (DONIRT, Donetsk, DNR)**

**PARAMETRIC SERIES OF MODERNIZED PUMPS FOR MINE DRAINAGE**

*A parametric series of new pumps for the mine water has been developed. There has been used a methodology of constructing rational standard series on the basis of two dominant principles: maximum standardization of the sample base, enhancing 1,5–1,8 times the working pressure characteristics through the use of four energy-efficient exchangeable flow units of a stage in one body, the use of new structures and selective choice of sealing devices and hydraulic balancing device for each pump performance. Transition to the proposed parametric series will reduce the number of used types of mine pumps from 19 to 6.*

**Key words:** drainage, pump, unification, parametric series, model stage, rate index.