

УДК 658.26

С. Н. ПОКАЛИЦЫН, канд. техн. наук, начальник департамента энергоаудита  
ООО НТЦ «Энергетические технологии», г. Харьков

## НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА РЕЧНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НУЖД ПРЕДПРИЯТИЯ. ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

*Рассмотрены причины низкой энергетической эффективности мощной насосной станции первого подъема речной воды для технических нужд предприятия. Показано, что реализованное ранее проектное решение с двухфазным повышением напора на последовательно включенных насосах, явилось следствием наличия в то время бедного ряда насосов. Доступ к использованию современных высокоэффективных погружных многоступенчатых насосов позволяет предлагать реконструкцию насосной станции с использованием погружных многоступенчатых насосов компании Layne Bowler.*

*Розглядаються причини низької енергетичної ефективності потужної насосної станції першого підйому річкової води для технічних потреб підприємства. Показано, що реалізоване раніше проектне рішення з двофазним підвищенням тиску на послідовно включених насосах, з'явилося наслідком наявності у той час бідного ряду насосів. Доступ до використання сучасних вискоефективних погружних багатоступінчастих насосів дозволяє пропонувати реконструкцію насосною станцією з використанням погружних багатоступеневих насосів компанії Layne Bowler.*

### Введение

Многие предприятия Украины потребляют большое количество воды для удовлетворения собственных технических нужд. Следствием этого являются не только экологические, но и сопутствующие энергетические проблемы, обусловленные высокой энергоемкостью подъема и транспортировки воды потребителям.

### Основная часть

В настоящей статье приведены результаты энергетического обследования насосной станции первого подъема технической воды одного из предприятий Украины.

Исходной водой для технических нужд предприятия является речная вода, отличающаяся высоким содержанием (до 1469 мг/л), однако, она является пригодной для технических нужд без использования специальных методов водоподготовки.

Годовой расход технической воды, по данным предприятия за 2011г., составил 4355101 м<sup>3</sup>.

Функционирование системы технического водоснабжения сопровождается, по данные предприятия за 2011г., годовым расходом около 7000000 кВт•ч электроэнергии в год (названный расход включает годовой расход электроэнергии насосными агрегатами следующего подъема).

Утвержденная норма удельного расхода электроэнергии на техническое водоснабжение предприятия составляет 1,58 кВт•ч/ м<sup>3</sup>.

Изучение состава, свойств и режимов работы насосного оборудования на насосной станции первого подъема показало, что существующая двухступенчатой трансформации исходной воды для технического водоснабжения предприятия, построенная на последовательном включении артезианского насоса марки 24А-18×1 и центробежного насоса марки ЦН 1000-180, отличается низким КПД.

Это обстоятельство определяет высокие значения потерь электроэнергии на подъем и транспортировку исходной воды для технического водоснабжения предприятия с насосной станции первого подъема. Заводские совмещенные графические характеристики насосов [1], составляющих функциональную насосную группу, обеспечивающую подъем и транспортировку исходной воды с насосной станции первого подъема, показаны на рис. 1, 2.

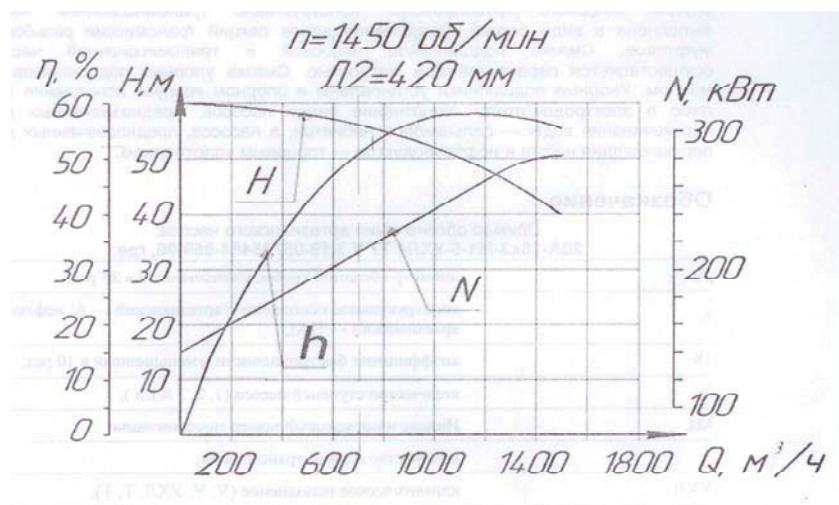


Рис. 1. Совмещенная графическая характеристика артезианского насоса марки 24А-18×1

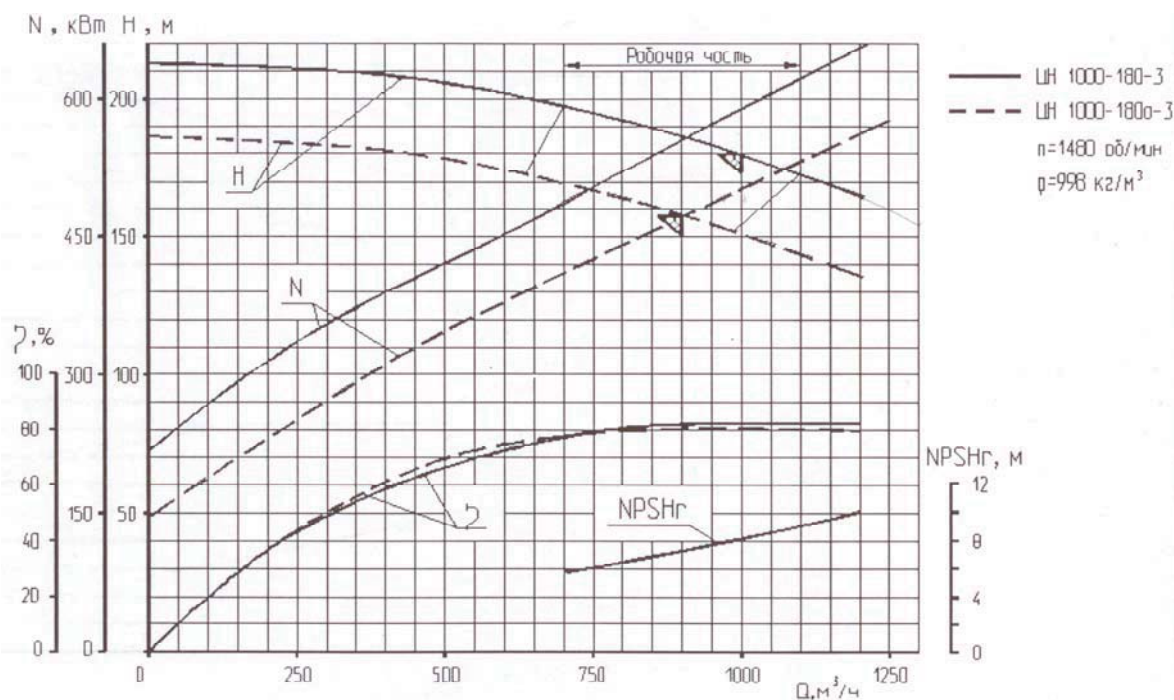


Рис. 2. Совмещенная графическая характеристика центробежного насоса марки ЦН 100-180

В расчетном режиме подачи воды артезианский насос марки 24А-18×1 имеет КПД не выше 60 % (рис. 1). Для фактических значений подач воды (700 м³/ч и ниже) и с учетом значительного физического износа КПД насоса ненамного превышает 40 %. Пологая напорная характеристика насоса марки ЦН 100-180 (рис. 2) определяет меньшую зависимость КПД насоса от отклонения фактической подачи от номинального значения. Расчетная схема для функциональной насосной группы насосной станции первого подъема показана на рис. 3.

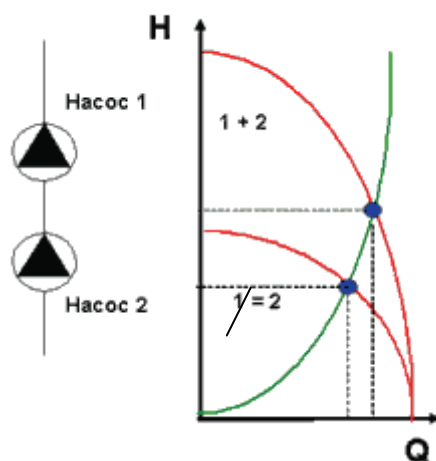


Рис. 3. Расчетная схема для функциональной насосной группы насосной станции первого подъема (насос 1 – центробежный насос марки ЦН 1000-180; насос 2 – артезианский насос марки 24А-18х1,)

Совместная характеристика функциональной насосной группы, обеспечивающей подъем и транспортировку речной воды с насосной станции первого подъема, приведена на рис. 4.

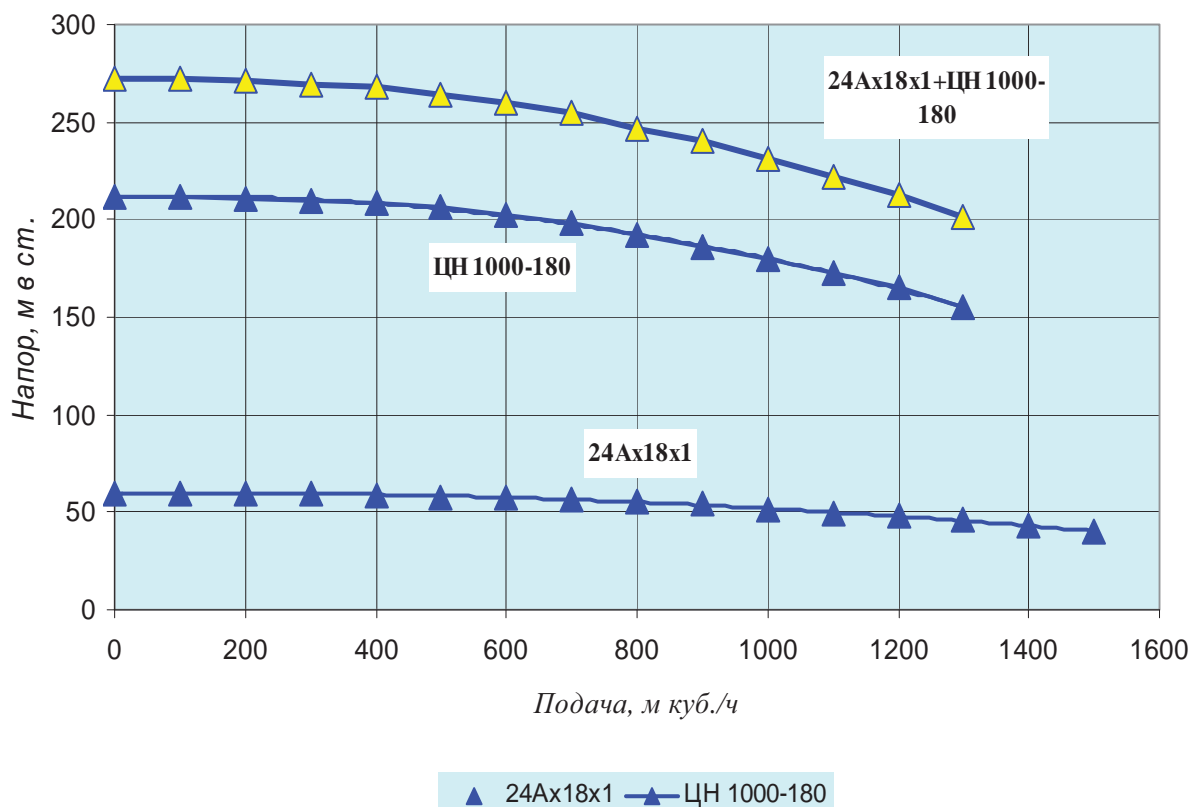


Рис. 4. Графическая характеристика совместной подачи последовательно включенным насосом марки 24А-18х1 и насосом марки ЦН 1000-180

Распределение гидравлических и энергетических потоков на насосной станции первого подъема, по результатам выполненных измерений, показано на рис. 5.

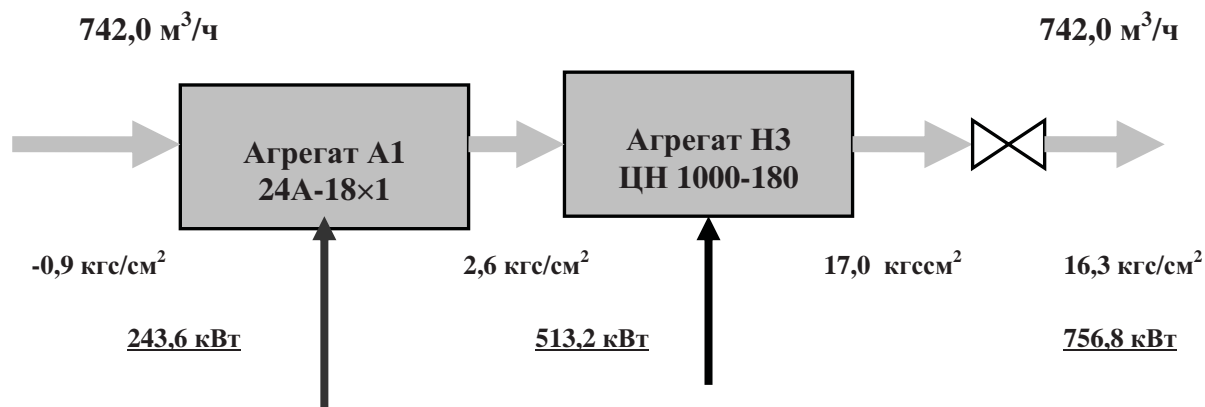


Рис. 5. Распределение потоков на насосной станции первого подъема. Горизонтальное направление – гидравлический поток, вертикальное направление – электроэнергия (мощность, потребляемая электродвигателями насосов из сети)

Общий КПД двух совместно работающих насосов, при последовательном их соединении, вычисляется по формуле [2]:

$$\eta = (H_1 + H_2) / (H_1 / \eta_1 + H_2 / \eta_2) .$$

Подстановка исходных данных, показывает, что общий КПД насосных агрегатов составляет 0,61. Недостаточно высокое значение КПД насосной группы определяется несовершенством схемы, принятой ранее в условиях существования бедного ряда насосов высокой производительности и требуемого напора и относительно не высокой стоимости электрической энергии.

Временами КПД системы приобретает еще меньшие значения, обусловленные существенными отклонениями фактического режима подачи технической воды от расчетного режима. Отсутствие возможности обеспечить подачу воды в широком диапазоне ее значений без роста потерь электроэнергии еще один недостаток реализованной схемы.

Основные составляющие общих потерь электроэнергии для функциональной группы насосов показаны в таблице. Значение потерь в электроэнергии в сети не принималось во внимание.

Таблица

Составляющие потерь в балансе электроэнергии по насосной станции первого подъема по результатам измерений

Место возникновения потерь	Физическая природа потерь	Фактор, количественно определяющий значение потерь,	Значение фактора, количественно определяющего потери электроэнергии	Значение потерь (кВт)/% от мощности, потребляемой функциональной группой насосов из сети
Электродвигатель насоса 24А-18×1	Преобразование электрической энергии в механическую	КПД (номинальный)	94,0%.	$\frac{124,7}{51,1\%}$
Насос марки 24А-18×1	Преобразование механической энергии в энергию потока	КПД с учетом режима подачи	52,0%	

Продолжение таблицы				
Электродвигатель насоса ЦН 1000-180	Преобразование электрической энергии в механическую	КПД (номинальный)	95,5%	$\frac{121,1}{23,6\%}$
Насос марки ЦН 100-180	Преобразование механической энергии в энергию потока	КПД с учетом режима подачи	80,0%	
ИТОГО				245,8/32%

Принимаем расчетное значение потерь электроэнергии на подъем и транспортировку воды с насосной станции первого подъема равное 30 %.

Для повышения энергетической эффективности насосной станции первого подъема рекомендуется внедрить схему одноступенчатой трансформации напора исходной воды путем использования гибкой в управлении схемы, построенной на использовании группы погружных многоступенчатых насосов производства компании Layne Bowler.

Вертикальные погружные насосы компании Layne Bowler типа Verti-Line используются для подачи воды из скважин, резервуаров и водоемов и обеспечивают подачу до 800 м<sup>3</sup>/ч при напоре до 200 м в ст. [3]. Безусловным преимуществом погружных насосов перед насосами поверхностной установки (горизонтальными насосами двустороннего входа, консольными насосами и т.д.) является возможность погружения насосной части в резервуар на нужную глубину, что позволяет решить проблемы с недостаточным подпором на входе и исключает возможность возникновения кавитации.

Многоступенчатая конструкция дает возможность подачи больших объемов воды под высоким давлением, при этом зачастую отпадает необходимость в организации второго подъема воды.

Трансмиссионная часть насоса позволяет погрузить насосную часть на требуемую глубину, что очень важно при сезонных колебаниях уровня воды в реке).

Насосная часть состоит из необходимого числа ступеней и фильтра на приеме.

Благодаря высокому коэффициенту быстроходности диагональных (турбинных) рабочих колес достигается высокий КПД насоса. Схематично устройство насосной станции с группой погружных насосов типа Verti-Line показано на рис. 6.

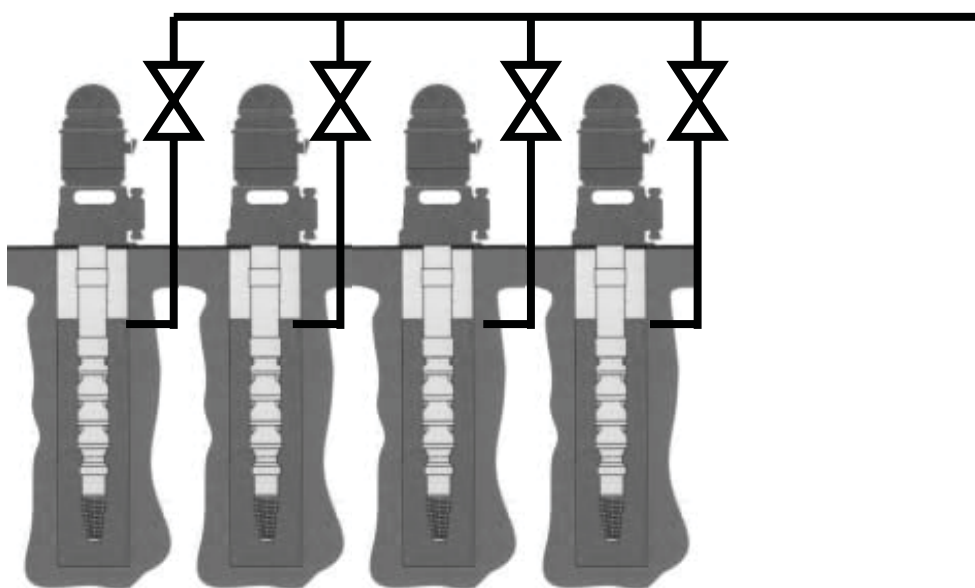


Рис. 6. Принципиальная схема насосной станции первого подъема с группой насосов типа VertiLayn

Годовая экономия электрической энергии от изменения состава и свойств насосного оборудования на насосной станции первого подъема определяется изменением системного КПД насосной станции, который возрастет в результате изменения схемы и замены оборудования с 61 % до 80 %.

Годовая экономия энергии от реконструкции насосной станции первого подъема определяется как разница годовых расходов электроэнергии для старых и новых насосов при средней за год подаче, среднем значении развиваемого насосами напора, в расчете на непрерывную работу системы хозяйственно-питьевого водоснабжения (расчетные 8760 часов). Расход электрической энергии водяным моноблочным центробежным насосом определяется в соответствии с выражением [4]:

$$\mathcal{E} = 0,00272 \cdot \frac{HQT}{\eta_n \cdot \eta_{дв}},$$

где: 0,00272 – безразмерный коэффициент;

H – напор, развиваемый насосом, м в. ст.;

Q – подача насоса, м<sup>3</sup>/ч;

T – расчетное время работы насоса, ч;

$\eta_n$  – КПД насоса;

$\eta_{дв}$  – КПД двигателя.

После подстановки исходных данных имеем значение годовой экономии электроэнергии в результате изменения состава и свойств оборудования насосной станции первого подъема:

$$0,00272 \cdot 8760 \cdot 740 \cdot 180 \cdot [1/(0,61 \cdot 0,91) - 1/(0,80 \cdot 0,91)] \approx$$

$$1356800 \text{ кВт}\cdot\text{ч, или } 1356,8 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}.$$

При действующем значении тарифа на электроэнергию 650 грн. за 1000 кВт·ч, действующем на время выполнения энергетического обследования насосной станции, ожидаемая годовая экономия электроэнергии от реконструкции насосной станции первого подъема составит:

$$1356,8 \cdot 650 \approx 881,9 \text{ тыс. грн.}$$

Дистрибутором насосов LayneBowler в СНГ является ООО "Пневмологика". Компания "Пневмологика" специализируется на импорте промышленного пневматического и гидравлического оборудования, насосов и запчастей для них. Реквизиты компании "Пневмологика" для контактов; [www.laynebowler.ru](http://www.laynebowler.ru); тел/факс: +7(499)722-1735; [sales@laynebowler.ru](mailto:sales@laynebowler.ru).

### Выводы

Общие затраты на разработку рабочего проекта, приобретение новых насосов, демонтаж старых и монтаж новых насосов силами и средствами специализированных подразделений предприятия составят, по предварительным оценкам, 4894000 грн.

Это означает, что простой срок окупаемости проекта реконструкции насосной станции первого подъема составляет 5,5 лет и оказывается интересным как для самого предприятия, так и для потенциальных внешних инвесторов.

### Список литературы

1. Н. В. Балыгин, А. Н. Крыжановский. Насосы. Каталог-справочник. Новосибирск: НГАСУ, 1999 – 97 с.
2. П. П. Якубчик. Насосы и насосные установки. СПб: ПГУПС, 1997. – 107 с.
3. Каталог насосов Bowler Layne. М.: «Пневмологика», 2009, – 18 с.

4. Э. А. Киреева, Т. Юнес, М. Айюби. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1998 – 320 с.

**FIRST GETTING UP RIVER WATER PUMP STATION FOR ENTERPRISE TECHNICAL NEEDS. CURRENT POWER EFFICIENCY ESTIMATION AND NEW TECHNICAL DECISION**

S. N. POKALISYN, Cand. Tech. Scie.

*Low efficiency reasons of the powerful first getting up river water pumping station for the technical needs of enterprise had been examined. It is set that project decision with the two-stage increase of water pressure, was the result of existence not enough complete row of pumps at that time. Nowadays easy access to the use of modern high-efficiency multi-stage down-pumps allows to offer reconstruction of the pump station with the use of multi-stage down-pumps from Layne Bowler company.*

Поступила в редакцию 04.05 2012 г.