

Д-р экон. наук **И. Н. Сотник**  
Канд-т техн. наук **Н. И. Сотник**  
(Сумский государственный университет)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Рассмотрены проблемы формирования комплексного подхода к управлению энергосберегающими проектами в сфере водоснабжения на примере промышленных предприятий Украины. Обоснована целесообразность проведения мониторинга параметров энергоэффективности процесса водоподачи и комплексного обследования системы водоснабжения при проведении ее модернизации. Предложен алгоритм поэтапного применения комплексного подхода при управлении формированием и внедрением энергосберегающего проекта в системе водоподачи.

*There are analyzed the problems of formation of integrated management approach to energy saving projects in water supply at the example of industrial enterprises in Ukraine. There are justified the expediency of monitoring the parameters of energy efficiency of water supply process and a comprehensive survey of water supply system during its modernization. There is proposed the algorithm by stages of integrated approach implementation in the management of formation and realization of energy saving projects in water supply system.*

Проблемы эффективного энергосбережения сегодня чрезвычайно актуальны для всего народнохозяйственного комплекса Украины, энергоемкость валового внутреннего продукта которой превосходит (по данным 2011 года) в 2,26 раз среднемировой показатель и от 2,5 до 4,3 раз – аналогичные показатели развитых стран Европы<sup>1</sup>. Особую остроту приобретают вопросы энергосбережения в отечественном коммунальном секторе, в частности, в сфере водоснабжения населения и предприятий. Это связано с высоким уровнем потерь как воды в сетях, так и чрезмерным удельным расходом электроэнергии на водоподачу вследствие работы физически изношенного и морально устаревшего насосного оборудования, применения нерациональных режимов водоснабжения, несвоевременности ремонтов оборудования и самих сетей, дефицита средств на внедрение энергосберегающих мероприятий, отсутствия комплексного подхода к управлению такими проектами.

---

<sup>1</sup> Key World Energy Statistics 2013 [Electronic resource] / IEA, 2013. – Mode of access: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>. – Title from the screen.

Несмотря на актуальность, достаточно часто энергосберегающие проекты<sup>2</sup>, внедряемые украинскими промышленными предприятиями в сфере водоснабжения, не дают ожидаемых технико-экономических результатов из-за слабой технической и инвестиционной поддержки, нарушения технологической дисциплины, отсутствия мотивации персонала предприятий к энергосбережению. Кроме того, по причине проведения не всегда всестороннего анализа существующей ситуации в системе водоподачи проектанты могут упускать дополнительные возможности повышения энергоэффективности работы системы, что приводит к нерациональному расходованию дефицитных финансовых ресурсов заказчиков и снижению рентабельности таких проектов.

В некоторых случаях неквалифицированный подход к формированию технологического процесса водоснабжения, а также к изменению основного техпроцесса у потребителя, в котором используется подаваемая вода, приводит к неправильной эксплуатации и подбору режимов работы насосного оборудования насосных станций. Несоответствие энергетических параметров такого оборудования и сети водопотребления может обуславливать использование оборудования на режимах, при которых возникает явление кавитации во входных частях насосов. При этом параметры подпора воды на всасе и параметры системы трубопроводов могут находиться в пределах, достаточных для нормального функционирования насосного оборудования. Однако, неправильный подбор оборудования по техническим характеристикам, а также неправильное определение количества одновременно работающих насосов в группе способны провоцировать кавитацию на входе рабочих колес насосов. Это явление особенно опасно при кажущихся «нормальных» условиях эксплуатации насосного оборудования и несоблюдении сроков проведения его диагностики, несвоевременной замене основных деталей проточной части насосов, что чревато аварийными ситуациями и дополнительными затратами на их устранение.

Одним из примеров может служить работа насосной станции, укомплектованной насосным оборудованием повышенного напора по отношению к характеристике сети, на которую она работает. Так, в ходе организации технологического процесса водоподачи иногда возникают ситуации, когда подача воды обеспечивается группой насосных

---

<sup>2</sup> В данном исследовании под энергосберегающим проектом в сфере водоснабжения подразумевается комплексный проект, включающий мероприятия по проектированию и собственно модернизации системы водоснабжения, диагностированию состояния системы при эксплуатации, комплекс корректирующих действий в случае отклонения параметров системы от контрольных и оценку выполнения корректирующих действий по улучшению/восстановлению работоспособности системы по параметру ее энергоэффективности.

агрегатов, работающих с повышенными расходами. При этом, как правило, не обращается внимание на наличие достаточного кавитационного запаса, необходимого при работе оборудования на таких режимах, что является причиной преждевременного износа поверхностей деталей проточных частей насосов. Данная ситуация может усугубляться несвоевременной диагностикой технического состояния насосного оборудования, а также неквалифицированными решениями при его ремонте. Зачастую при выявлении неисправностей проводится ремонт только ранее обследованного оборудования без дополнительного выявления аналогичных неисправностей на остальных насосах. Восстановление работоспособности одного или двух насосов, работающих в группе, не приводит к желаемому результату, поскольку восстановленное оборудование работает на тех же режимах, что и до ремонта<sup>3</sup>. Проведение таких ремонтов не оказывает положительного влияния на восстановление или улучшение энергоэффективности процесса водоподачи и, по сути, является нерациональным расходованием дефицитных финансовых средств. Поэтому при изменениях технологического процесса водоснабжения необходимо проводить комплексное обследование и изучение всех элементов системы. Основной целью таких исследований выступает определение соответствия режимов водопотребления и работы насосного оборудования насосных станций для указанных потребителей.

Технологический процесс водоподачи должен учитывать графики и объемы использования воды потребителями. Работа насосных станций и их оборудования должна в полной мере соответствовать энергетическим показателям водопотребления, а применяемое насосное оборудование по своим характеристикам – установленным параметрам с их оптимизацией по уровню энергоэффективности. При этом для контроля энергоэффективности целесообразно отслеживать величину расхода электроэнергии приводными электродвигателями насосных агрегатов на единицу объема перекачиваемой воды (как правило,  $1 \text{ м}^3$ )<sup>4</sup>. Также необходимо проводить мониторинг работы системы по данному показателю в сравнении с первоначальным достигаемым показателем работы нового насоса на заданных режимах. Кроме того, в процессе мониторинга должны отслеживаться предельно допустимые отклонения от установленной величины удельного расхода электроэнергии и

---

<sup>3</sup> Бойко В.С., Сотник М.І., Хованський С.О. Узагальнена оцінка економічності системи водопостачання // Технічна електродинаміка: Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. – 2009. – Ч. 3. – С. 46-51.

<sup>4</sup> Рубан-Максимець О.О. Особливості розрахунку показників енергетичної ефективності на базі статистичної звітності України // Проблеми загальної енергетики. – 2009. – №20. – С. 21 – 26.

определяться критерии необходимости дополнительного вмешательства в корректирование технологического процесса водоподачи или технического состояния оборудования.

Расчеты показывают, что при эксплуатации насосного оборудования с рабочей мощностью потребления электроэнергии электродвигателями в 1600 кВт ухудшение энергоэффективности на 5% приводит к ежегодному увеличению потребления электроэнергии (при круглосуточной работе) в размере  $1600 \text{ кВт} \cdot 0,05 \cdot 24 \text{ ч} \cdot 365 \text{ дней} = 700800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . При тарифе на электроэнергию 0,128 долл. США/кВт·ч сумма перерасхода составит  $0,128 \cdot 700800 = 89702,4 \text{ долл. США/год}$ . При описанных выше условиях работы снижение энергоэффективности насосного оборудования может наблюдаться уже после первых 2-3 лет эксплуатации. Выполнение рекомендаций заводов-изготовителей относительно замены деталей ротора при нормальных условиях эксплуатации оборудования через 5 лет приведет к тому, что дополнительные затраты на эксплуатацию указанного в нашем случае оборудования в течение последних двух из 5 нормированных лет (без учета фактора времени) могут составить  $89702,4 \cdot 2 = 179404,8 \text{ долл. США}$ . Затраты на ремонт с заменой изношенных деталей оцениваются порядка 18 тыс. долл. США. Таким образом, своевременная диагностика и выявление отклонений по показателю энергоэффективности в работе оборудования могут обеспечить дополнительную экономию средств предприятия в размере  $179404,8 - 18000 = 161404,8 \text{ долл. США}$  в течение последующих двух лет эксплуатации.

Ежедневный мониторинг работы сети и насосной станции предполагает активное вмешательство персонала в организацию технологии водоподачи, заключающееся в определении оптимального уровня энергоэффективности работы группы насосного оборудования при складывающихся объемах водопотребления путем изменения количества и номенклатуры насосного оборудования, работающего в группе. В случае прогнозируемых изменений в режимах водопотребления целесообразно проводить моделирование режимов работы потребителя и насосной станции в новых условиях. Эти исследования должны касаться режимов работы сети и насосной станции, а также изучения возможных режимов работы насосного оборудования с уточнением их гидравлических и энергетических параметров. Необходимо рассматривать пределы возможной энергоэффективной эксплуатации как насосного оборудования, так и приводных электродвигателей, исходя из энергоэффективности их работы. Решение о модернизации или замене такого оборудования должно основываться, в том числе, и на экономических показателях, в частности на стоимости

жизненного цикла оборудования и системы<sup>5</sup> до и после модернизаций<sup>6</sup>. Критерием выбора оптимального варианта энергосберегающего проекта могут выступать известные в инвестиционной практике экономические показатели, такие как чистая текущая стоимость, внутренняя норма доходности, индекс рентабельности, срок окупаемости и т.д.<sup>7</sup>

При проектировании измененного технологического процесса водоподачи целесообразной представляется разработка графиков изменений энергоэффективности в зависимости от подачи и технических параметров насосного оборудования насосной станции с указанием количества и номенклатуры оборудования, необходимого для обеспечения данной подачи водопотребления. Система мониторинга в этом случае должна отслеживать по параметрам энергоэффективности и объема водоподачи номенклатуру и количество работающих насосных агрегатов. В хозяйственной практике допустимым считается изменение энергоэффективности  $-2...3\%$  от расчетного максимального значения для данного диапазона подач<sup>8</sup>.

Таким образом, приведенные выше положения, на наш взгляд, можно свести к следующему алгоритму действий, иллюстрирующему использование комплексного подхода к управлению энергосберегающими проектами в сфере водоснабжения:

1. Диагностирование состояния системы водоподачи по критерию энергоэффективности ее работы.

2. Оценка динамики изменения энергоэффективности во времени, установление причин (изменение режима подачи воды насосной станцией, смена технологии у потребителя, техническое состояние оборудования и т.п.).

3. Ежедневный мониторинг энергетического состояния оборудования и анализ результатов мониторинга.

---

<sup>5</sup> Под стоимостью жизненного цикла оборудования (системы) подразумевается полный комплекс затрат, связанных с: 1) первоначальной стоимостью всех элементов системы водоснабжения технологического процесса у потребителя; 2) стоимостью монтажа и наладки оборудования, 3) стоимостью энергии, расходуемой за период жизненного цикла системы; 4) эксплуатационными расходами (включая затраты на обслуживание оборудования и его ремонт); 5) прочими расходами, включая природоохранные мероприятия и утилизацию оборудования.

<sup>6</sup> Гуринович А.Д. Анализ стоимости жизненного цикла при выборе энергоэффективного насосного оборудования для водозаборных скважин // ЖКХ и строительство. – 2007. – №1. – С. 64 – 66.

<sup>7</sup> Бланк И.А. Основы инвестиционного менеджмента: в 2 т. – К.: Эльга-Н, Ника-Центр, 2001. – Т. 1.

<sup>8</sup> Сотник Н.И., Бойко В.С. Энергоэффективность электродвигателя как критерий выбора диапазона работы электромеханических агрегатов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 6. – С. 78-85.

4. Моделирование режимов работы системы водоподачи и составляющего ее оборудования, разработка предложений по устранению имеющихся отклонений.

5. Разработка вариантов инвестиционных проектов по сохранению и повышению существующего уровня энергоэффективности.

6. Оценка экономической эффективности предложенных энергосберегающих проектов, исходя, в том числе, из стоимости жизненного цикла оборудования и системы водоподачи.

7. Выбор приемлемого варианта с учетом установленных технико-экономических, инвестиционных критериев и его внедрение.

8. Контроль новых технико-экономических параметров работы системы и последующий мониторинг с целью диагностирования энергетического и технического состояния оборудования.

Применение данного алгоритма при разработке и внедрении энергосберегающих проектов в сфере водоснабжения позволяет избежать так называемых «капканов» ухудшения энергоэффективности, из которых, применяя существующие схемы планово-предупредительных ремонтов и диагностики оборудования, предприятию выйти или очень тяжело или практически невозможно на протяжении многих лет.

### Список литературы

1. Key World Energy Statistics 2013 [Electronic resource] / IEA, 2013. – Mode of access: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>. – Title from the screen.

2. Бланк И.А. Основы инвестиционного менеджмента: в 2 т. – К.: Эльга-Н, Ника-Центр, 2001. – Т. 1. – 536 с.

3. Бойко В.С., Сотник М.І., Хованський С.О. Узагальнена оцінка економічності системи водопостачання // Технічна електродинаміка: Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. – 2009. – Ч. 3. – С. 46-51.

4. Гуринович А.Д. Анализ стоимости жизненного цикла при выборе энергоэффективного насосного оборудования для водозаборных скважин // ЖКХ и строительство. – 2007. – №1. – С. 64 – 66.

5. Рубан-Максимець О.О. Особливості розрахунку показників енергетичної ефективності на базі статистичної звітності України // Проблеми загальної енергетики. – 2009. – №20. – С. 21 – 26.

6. Сотник Н.И., Бойко В.С. Энергоэффективность электродвигателя как критерий выбора диапазона работы электромеханических агрегатов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 6. – С. 78-85.

*Сотник И.Н. Применение комплексного подхода при управлении энергосберегающими проектами в сфере водоснабжения / И.Н. Сотник, Н.И. Сотник // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы 4-ой международной научно-практической конференции. 10-11 апреля 2014 г. /под. ред. В.И. Ресина. – М.: ЗАО «Гриф и К», 2014. – С. 287-291.*