

УДК 628 512.6:658.527.69
*Д.т.н., профессор А.Н. Ким (СПбГАСУ),
генеральный директор О.А. Штейнмиллер (ЗАО «Промэнерго»),
начальник отдела поставок А.С. Миронов (ЗАО «Промэнерго»)*

Мобильный измерительный комплекс (МИК) и его использование для оценки работы насосных систем

Представлены способы оптимизации существующих насосных систем водоснабжения при помощи мобильного измерительного комплекса производства ЗАО "Промэнерго". Комплекс позволяет получить параметры насосной системы (расходы, напоры, потребляемая электроэнергия), при анализе которых разрабатывается техническое решение по оптимизации системы с учетом энергопотребления и экономической эффективности.

Methods of optimization of pump water supply systems by Promenergo's checking/controlling and measuring complex are submitted. This complex returns the parameters of pump system and lets develop the engineering solution of optimization of system granting the power consumption and cost efficiency.

«Насосные системы потребляют почти 20% вырабатываемой на Земле электрической энергии, при этом они "забирают" от 25 до 50% от энергии, используемой в промышленности (в зависимости от отрасли)», – Дания (Development center)

Важнейшими характеристиками системы водоснабжения являются технические параметры ее подачи, в просторечии ассоциированные с «напором». Повышение напора в водопроводной сети или в водоводе обеспечивается повысительными насосными станциями (станциями подкачки). В Санкт-Петербурге эксплуатируются станции III и IV подъема, включая местные подкачки.

Постановка задач для МИК, предпосылки для патентования полезной модели: создание системы контроля подачи воды, которая позволяла бы оперативно выполнять процедуры измерения параметров сети водоснабжения и сбора данных в ее различных точках, в том числе удаленных. При этом она могла бы обеспечить получение следующих технических результатов:

а) упростить метод контроля системы водоснабжения, одновременно обеспечив точность (достоверность) измерений ее параметров и сопоставимость полученных результатов (с учетом фактора времени) с возможностью их одновременного (одномоментного) сохранения и последующего выбора на основании полученных данных эффективного функционирования системы и способов ее совершенствования (реконструкции),

б) быть мобильным измерительным комплексом, в котором все измерительные приборы могли бы производить одномоментные измерения параметров сети водоснабжения с высокой точностью и достоверностью получаемых результатов.

Итог: полезная модель «Система контроля подачи воды» признана новой и запатентована.

Стоит отметить, что оценивать стоимость реконструкции существующей системы водоснабжения в части насосного оборудования или строительства

новой насосной системы целесообразно с учетом последующих затрат (обслуживание, электроэнергия), то есть должен оцениваться весь жизненный цикл насосного оборудования.

На диаграмме рис. 1 показано процентное соотношение затрат полного жизненного цикла насосного оборудования. Всем очевидно, за счет чего наиболее просто достичь экономии.

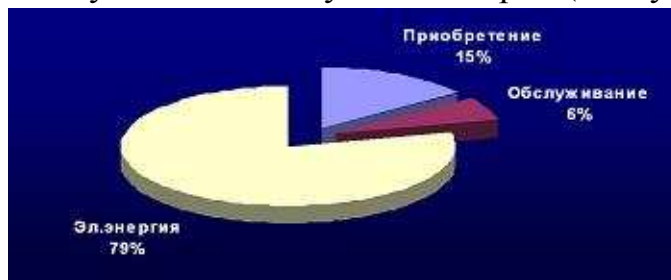


Рис. 1. Диаграмма соотношения затрат полного жизненного цикла насосного оборудования

По представленной ниже формуле можно оценить суммарную стоимость полного жизненного цикла насосного оборудования.

$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$, где LCC - Life Cycle Cost (стоимость жизненного цикла);

C_{ic} – первоначальные затраты;

C_{in} – стоимость монтажа и ввода в эксплуатацию;

C_e – стоимость электроэнергии;

C_o – операционные затраты;

C_m – затраты на сервисное обслуживание и ремонт;

C_s – затраты на производственные потери;

C_{env} – экологические затраты;

C_d – затраты на утилизацию.

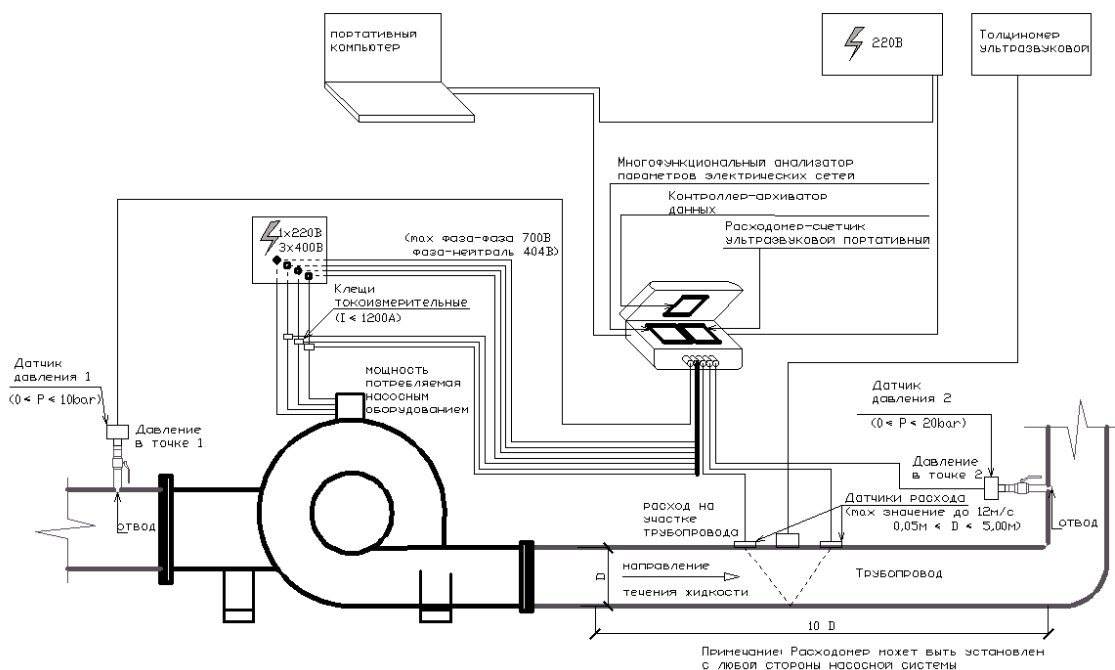


Рис. 2. Принципиальная схема установки Мобильного Измерительного Комплекса

Практическая применимость предлагаемой системы контроля подачи воды поясняется ее принципиальной схемой (см. рис. 2) и ниже следующим описанием.

1. На подводящий (входной) и напорный (выходной) трубопроводы насоса (насосной станции) подключаются датчики давления (в точках 1 и 2) соответственно. Сигнал датчиков давления принимается контроллером-архиватором данных. Это позволяет измерить давление в обеих точках одновременно и вычислить их разность. Определив, таким образом, напор, развиваемый насосом в каждый текущий момент во время измерений.

2. В удобном месте на подводящем (входном) или напорном (выходном) трубопроводе, соответствующем требованиям по длине прямолинейного участка, подключают расходомер-счетчик ультразвуковой портативный, снабженный накладными ВЧ-датчиками, результаты измерений с которого также поступают в контроллер-архиватор данных. При этом в месте подключения расходомера предварительно производят замер толщины стенки трубопровода с помощью толщиномера ультразвукового, и полученное значение до начала основных измерений указывается как входной параметр для расходомера в обеспечение точности измерений расхода воды.

3. Клещи токоизмерительные, выполненные с возможностью выполнения функции датчика. Закреплены в фазных жилах (проводах) питающего кабеля и подключаются к цепям измерения тока многофункционального анализатора параметров электрических сетей. Перед началом замера для клещей токоизмерительных устанавливают коэффициент масштабирования, с которым результаты измерения тока будут передаваться от них к цепям измерения тока многофункционального анализатора параметров электрических сетей.

4. Электрические контакты, через которые выполнено подсоединение насоса к электрической сети, подключают к цепям измерения напряжения многофункционального анализатора параметров электрических сетей.

5. При необходимости выполняют подключение контроллера-архиватора к портативному компьютеру, на котором установлено специальное программное обеспечение МИК.

6. По окончании измерений (или в ходе их – при условии подключения контроллера-архиватора данных к портативному компьютеру) полученные данные измерений обрабатывают с помощью специального программного обеспечения МИК, инсталлированного на портативном компьютере.

7. Основное назначение программного обеспечения МИК – считывание информации из энергонезависимой памяти контроллера МИК, сохранение ее на жестком диске компьютера и конвертирование в формат, пригодный для последующего анализа специалистом или обработки Программой подбора насосного оборудования (например, Программой WinCaps фирмы Грундфос).

В итоге, система контроля подачи воды содержит расходомер-счетчик ультразвуковой портативный, снабженный накладными ВЧ-датчиками, датчики давлений для всасывающей и напорной линии насоса и клещи. В ней имеются: контроллер-архиватор данных, с которым связаны измерительные приборы остальных элементов, многофункциональный анализатор параметров электриче-

ских сетей, толщиномер ультразвуковой, клещи токоизмерительные, которые выполнены с возможностью реализации функции датчика тока и имеют связь с многофункциональным анализатором параметров электрических сетей. При этом все перечисленные элементы и их измерительные приборы размещены в ударопрочном влагозащищенном портативном чемодане, имеющем схему как автономного электропитания, так и электропитания от внешних источников. Кроме того, контроллер-архиватор данных выполнен с возможностью подключения к портативному компьютеру, который расположен вне упомянутого чемодана и оснащен программами, позволяющими производить считывание информации из энергонезависимой памяти контроллера-архиватора данных, сохранение ее, конвертирование в формат, пригодный для последующей обработки стандартными программами.

Ниже представлен ряд задач, при решении которых, возможно использование МИК.

При постоянном давлении на входе в сбалансированную гидравлическую систему водоснабжения объекта каждый из потребителей в пределах системы должен быть обеспечен водой в достаточном объеме, независимо от удаленности точек водоразбора от входа в систему. В случае многоэтажного жилого здания это означает, что при открытии крана на верхнем этаже во время пикового расхода (в вечерние часы) будет получен приемлемый для потребителя напор.

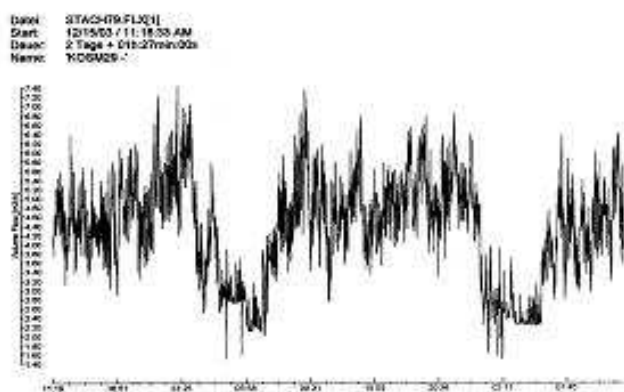


Рис. 3. Запись потребления (расхода) воды на жилом здании за 2-е суток

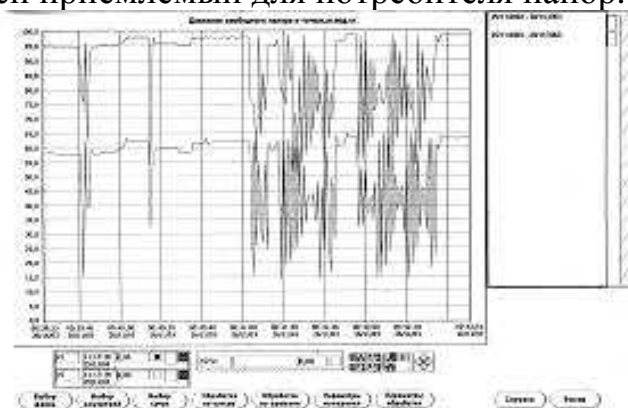


Рис. 4. Запись напоров на входе в здание (перед насосом) и после насоса

Представленные диаграммы (рис. 3 и 4) демонстрируют изменчивость напорной и расходной характеристики на реальном жилом здании. Как повышать напор, с помощью отдельного постоянно работающего насоса, рассчитанного на обеспечение максимально необходимых расходно-напорных параметров системы, или с помощью автоматической многонасосной установки с расширенными возможностями регулирования работы.

Из диаграммы на рис. 4 очевидно, что при использовании отдельного насоса достигается определенное повышение давления в последующей сети, однако вся неравномерность напорной характеристики на подпоре насоса (на входе в дом) переносится на дальнейшую систему, и в итоге конечный потребитель не обеспечивается качественным водоснабжением с постоянным напором.

Для примера можно привести сравнительный анализ экономии электроэнергии после реконструкции ВПС по Октябрьскому р-ну г. Ростов-на-Дону. В данном случае был проведен анализ замены повысительных насосов (типа К – работали по 18 часов в сутки) на насосные установки (Грундфос – ступенчатое регулирование работы насосов, круглые сутки). Данный анализ (по результатам замеров потребления электроэнергии до и после реконструкции) показал экономичность энергопотребления – 5,21 раз. Полная окупаемость реконструкции ВПС по Октябрьскому р-ну г. Ростов-на-Дону – 3 года.

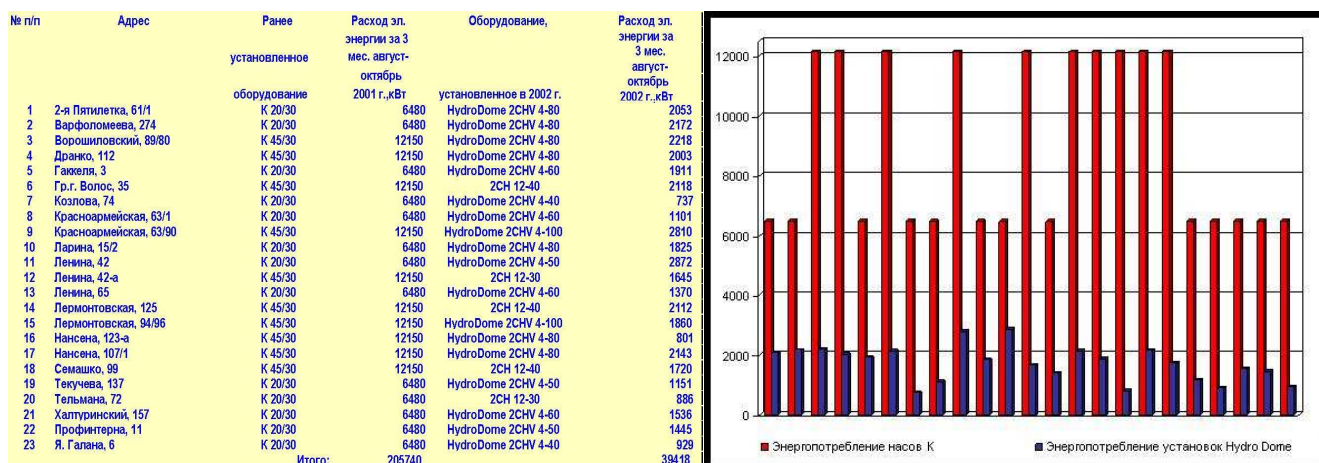


Рис. 5. сравнительный анализ экономии электроэнергии после реконструкции ВПС по Октябрьскому р-ну г. Ростов-на-Дону

Стоит отметить, что кроме оптимального подбора насосного оборудования, в некоторых случаях, при помощи данного комплекса можно получить параметры существующей насосной системы для более точной ее настройки. Варианты, когда стандартные настройки автоматики не сочетаются с действительными параметрами системы, встречаются очень часто, и на рис. 6 приведен пример параметров объекта (Пулковская н. ст.), где при помощи более точной настройки ПИД-регулятора (пропорционально-интегрально-дифференциальный «аналитический определитель реагирования частотного преобразователя») была достигнута существенная стабилизация выходных параметров системы.

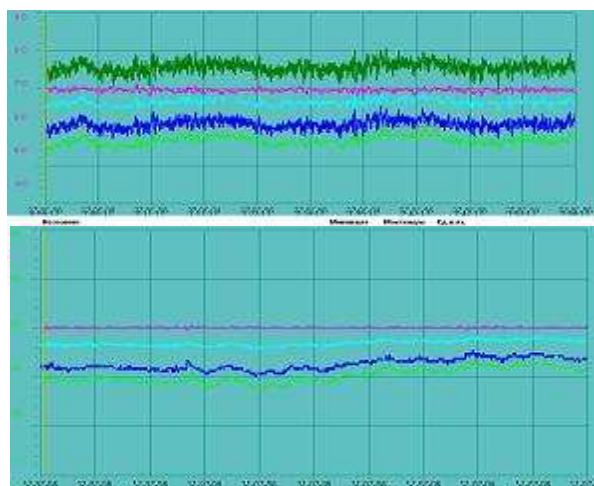


Рис. 6. Сравнительные графики выходных параметров системы до и после настройки ПИД-регулятора

Пояснения к рис. 6. Верхний график – до настройки ПИД-регулятора частотного преобразователя. Нижний график – после точной регулировки ПИД-регулятора. Заметно уменьшение амплитуды колебаний частоты и силы тока. Измерения Промэнерго (МИК) за 1 час. Запись производилась с секундным

интервалом. Салатовый график (нижний) – расход Q , диапазон оси – от $[0; 200]$ м³/ч. Зеленый график (верхн.) – давление P_0 (напор H_0) на выходе насоса до настройки, диапазон оси – от $[4; 9]$ бар. Красный график – давление P (напор H) на выходе насосной станции после настройки, диапазон оси – от $[4; 9]$ бар. Голубой график – частота тока, диапазон оси – от $[20; 70]$ Гц. Синий график – выходной ток частотного преобразователя, диапазон оси – от $[0; 100]$ А.

МИК может использоваться для анализа и подбора насосного оборудова-

ния, как вновь устанавливаемого на действующей сети, так и при замене (или донастройки) в ходе реконструкции (см. рис. 7).



Рис. 7. Мобильный Измерительный Комплекс