

УДК 621.3

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

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПРЕСС-ЭНЕРГОАУДИТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОММУНАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ГОРВОДОКАНАЛ»

Рассматриваются результаты энергетического экспресс-аудита очистных сооружений Сумского государственного коммунального предприятия «Горводоканал». Показаны причины нерационального использования электрической энергии и связанные с этим дополнительные затраты на оплату потерь электроэнергии. Описаны и обоснованы мероприятия, направленные на сокращение расходов электроэнергии и снижение стоимости потерь электроэнергии.

Розглядаються результати енергетичного експрес-аудиту очисних споруд Сумського державного комунального підприємства «Міськводоканал». Показані причини нерационального використання електричної енергії і пов'язані з цим додаткові витрати на оплату втрат електроенергії. Описані і обгрунтовані заходи, які спрямовані на скорочення витрат електроенергії та зниження вартості втрат електроенергії.

Обследование водопроводно-канализационных хозяйств городов Украины показывает, что в среднем удельные расходы электрической энергии на отведение и очистку сточных вод с использованием биологического метода очистки почти в два раза превышают удельные расходы электроэнергии на подъем и транспортировку воды потребителям. Отсюда следует, что энергосбережение на системах очистки стоков и повышение их энергоэффективности может существенно сократить общие затраты на оплату электрической энергии предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства и улучшить их финансовое положение.

Существующая система очистки сточных вод Сумского ГКП «Горводоканала», включающая механическую и биологическую очистки, является классической для коммунально-бытовых стоков, свободных от содержания добавок, вносимых в стоки промышленными предприятиями, что требует применения специальных методов очистки.

Проектная производительность очистных сооружений составляет 135000 м³/сутки. Это обеспечивает фактический среднесуточный пропуск стоков в размере 65000 — 70000 м³ с запасом, обусловленным сокращением водопотребления города, наступившим по различным причинам.

Режим поступления стоков, по результатам измерений, показан на рис. 1

Несмотря на изменения часового объема принятых стоков, значение общей мощности, потребляемой из сети комплектом оборудования очистных сооружений, остается чаще всего неизменным и составляет около 1200 кВт, что определяется как установившимся комплектом используемого оборудования, так и отсутствием достаточно глубокого регулирования его режимов.

В нашей оценке энергетической емкости очистных сооружений мы ориентировались на сведения из справки предприятия, согласно которой среднемесячный расход активной электрической энергии в 2009 г., по данным коммерческого учета электроэнергии, составил 915287 кВтч, а среднемесячный расход и генерация реактивной электроэнергии составили 11431 кВАчр и 17388 кВАчр, соответственно.

В данном случае низкая эффективность компенсации реактивной мощности обусловлена отставанием ручного режима управления батареями конденсаторов от изменения комплекта используемого оборудования и недостатками организации контроля перетоков реактивной мощности.

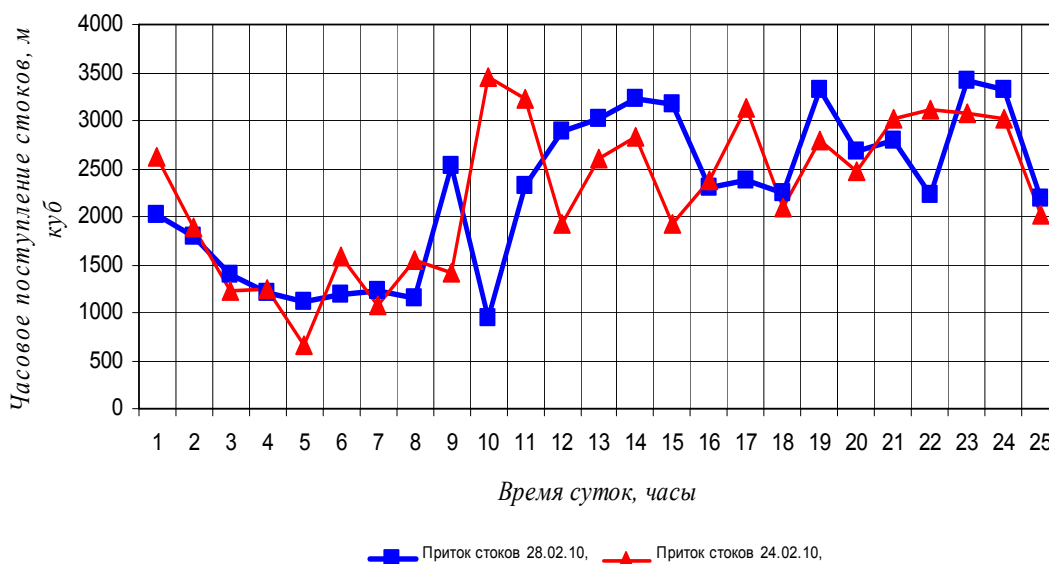


Рис. 1. Режим поступления стоков (результаты измерений)

Данные о распределении расходов электрической энергии между участками и отдельным оборудованием очистных сооружений отсутствуют по причине неостребованных для учета данных с 5 узлов технического учета электроэнергии на стороне 6 кВ.

Электрическую энергию очистные сооружения получают по одному из вводов напряжением 6 кВ (другой ввод является резервным, но не оборудованным АВР). Электроснабжение объекта по различным вводам характеризуется не только разными значениями потерь в виду различий в сечении и длине подводящих линий электропередачи, но и существенной разницей в значениях расчетных тарифов, по причине отличий в классах электроэнергии. Изучение счетов предприятия на оплату электрической энергии показало, что очистные сооружения использовали для электроснабжения ввод, стоимость кВтч с которого была на 0,15 грн. выше стоимости электроэнергии по резервному вводу.

В систему распределения электрической энергии на очистных сооружениях входят силовые масляные трансформаторы 6/04 кВ, выпущенные около четверти века тому назад. За прошедшее время производители силовых трансформаторов существенно уменьшили потери холостого хода и нагрузочные потери в трансформаторах. Один из рабочих трансформаторов мощностью 250 кВА длительное время использовался в режиме холостого хода (потери холостого хода 0,74 кВт).

Энергоемкое рабочее оборудование очистных сооружений представлено центробежными насосами марки СД 800/32 (в настоящее время соответствуют насосам марки СМ 250-200 400б/4), обеспечивающими транспортировку стоков между элементами очистных сооружений, центробежными нагнетателями типа 360-22-2 производства Невского машиностроительного завода и турбовоздуходувками типа ТВ 300-1,6 производства «Узбекхиммаш».

Сведения о технических характеристиках электроприемников очистных сооружений показаны в таблице.

Расходная часть баланса активной электрической мощности, потребляемой из сети электроприемниками очистных сооружений, показана на рис. 2.

Как следует из баланса электрической мощности, наибольшей электрической мощностью, потребляемой из сети, отличается оборудование для аэрации стоков – блок турбовоздуходувок.

Эпизодическое использование дополнительно к нагнетателю марки 360-22-2 воздуходувки марки ТВ 300-1,6 повышает долю блока нагнетателей в общем потреблении мощности до 63 %.

Таблица 1

Сведения о технических характеристиках электроприемников очистных сооружений

№ п/п	Назначение электроприемника	Марка электродвигателя	Номинальные значения параметров				Рабочее напряжение, кВ
			мощность, кВт	частота вращения, мин ⁻¹	КПД, %	cos φ	
Блок воздушных нагнетателей и воздуходувок							
1	Нагнетатель №1	КАМО 350-2	400	2970	92,0	0,87	6 кВ
2	Нагнетатель №2	КАМО 350-2У4	350	2970	92,0	0,89	6 кВ
3	Нагнетатель №3	А3-315-2У3	400	2970	92,0	0,87	6 кВ
4	Воздуходувка №4	А3-315-2У3	200	2950	94,3	0,87	6 кВ
5	Воздуходувка №5	А30-450LB-2У2	400	3000	94,5	0,91	6 кВ
6	Воздуходувка №6	ВАО2-450LB-2У2	400	3000	94,9	0,91	6 кВ
7	Воздуходувка №7	4АЗМ-500/6000 УХЛ4	500	2970	95,7	0,89	6 кВ
	ИТОГО		2650				
Иловая насосная станция № 1							
8	Насос №1	АИР 355S6У3	160	980	94,0	0,90	0,4 кВ
8	Насос №2	ВАО 315	110	985	93,5	0,90	0,4 кВ
9	Насос №3	АМ 28006	75	986	93,0	0,90	0,4 кВ
10	Насос №4	4АМ315	75	980	93,5	0,86	0,4 кВ
11	Насос №5	А 102-6М	125	980	93,3	0,90	0,4 кВ
	ИТОГО		545				
Иловая насосная станция № 2							
12	Насос №1	РА 02-315М8У2	132	988	93,6	0,85	0,4 кВ
13	Насос №2	4АМП 280М8У3	90	730	92,5	0,86	0,4 кВ
14	Насос №3	ВАО 315	110	985	93,5	0,87	0,4 кВ
15	Насос №4	АИР 315М6У3	132	1000	93,5	0,9	0,4 кВ
16	Насос №5	ВАО 315	110	970	93,5	0,87	0,4 кВ
	ИТОГО		574				
18	ВСЕГО		3769				

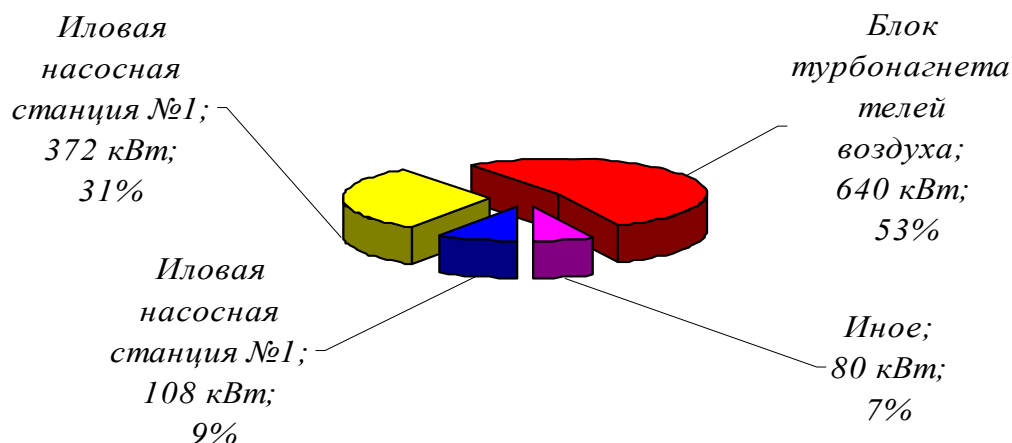


Рис. 2. Расходная часть баланса активной электрической мощности, потребляемой из сети электроприемниками очистных сооружений

Причина высокой энергоемкости системы сжатого воздуха очистных сооружений известна – аэрация в такой схеме совмещается с перемешиванием стоков, что является причиной повышенного расхода сжатого воздуха на выполнение механической работы. Замена барботажа стоков в аэротенках перемешиванием мешалками или насосами, энергетически оправдано, поскольку представляет собой переход к менее длинной цепи преобразования энергии, при этом с меньшими потерями.

При этом, исходя только из параметров сжатого воздуха, необходимых для аэрации, давление воздуха может быть в два раза ниже. В распределительной сети из-за наличия местных сопротивлений давление сжатого воздуха на коротком пути от воздуходувок до сборного коллектора падает уже на $0,2 \text{ кгс/см}^2$.

Имеются резервы понижения и расхода сжатого воздуха. В общей сложности на время выполнения энергоаудита на системе распределения сжатого воздуха насчитывалось 11 утечек сжатого воздуха. Самыми большими потерями сжатого воздуха сопровождаются порывы трубопроводов подводного распределения сжатого воздуха в аэротенках. Пример такого повреждения показан на рис. 3.



Рис. 3. Повреждение подводной части распределительного трубопровода сжатого воздуха в аэротенке

Высокий потенциал экономии электроэнергии на системе аэрации и барботажа сточных вод в аэротенках может быть реализован за счет изменения концепции применения сжатого воздуха и внедрения АСУ аэрацией стоков.

Один из проектов реконструкции очистных сооружений, представленных КП «Горводоканал» в части системы снабжения очистных сооружений сжатым воздухом, предусматривал ее децентрализацию, но не уделял должного внимания изменению принципа регулирования подачи сжатого воздуха, что является достаточным основанием для неприятия такого проекта по признакам недостаточной энергетической эффективности.

Следующими по энергоемкости за блоком турбоагнетателей являются иловые насосные станции. Общим недостатком всех используемых насосов на иловых насосных станциях является наличие избыточного напора. Так номинальный напор 32 м в ст., развиваемый насосами марки СД 800/32, используемыми на иловых насосных станциях, не соответствует разнице геодезических отметок для подач насосов, которые составляют 6 м для иловой насосной станции № 1 и 9 м для иловой насосной станции № 2, а также расчетным значениям потерь давления в трубопроводах.

Замена насосов марки СД 800/32 на иловых насосных станциях на насосы «Иртыш» Омского насосного завода марки НФ 150/315-15/6 с номинальным напором 15 м в ст. или марки ПФ 200/400-75/6 с номинальным напором 12 м в ст. обеспечит повышение КПД насосов иловых насосных станций более чем на 50 %. Расчеты показывают, что при среднерыночной цене на насосы «Иртыш» и действующих тарифах на электроэнергию, замена насосов окупится менее чем за два месяца их работы. Подошел бы для иловых насосных станций и болгарский канализационный насос Vipom марки КП 200-400 с номинальной подачей 600 м³/ч и напором 15 м в ст. с электродвигателем 55 кВт при частоте вращения 960 мин⁻¹.

Другим способом приведения напоров насосных агрегатов в соответствие с требуемыми значениями напора является замена на них электродвигателей с синхронной частотой вращения 1000 мин⁻¹ на электродвигатели с частотой вращения 750 мин⁻¹. Тогда, номинальное значение напора, развиваемого насосами СД 800/32 после замены электродвигателей, в соответствии с законом подобия центробежных насосов, составит:

$$H = 32 / (1000 / 750)^2 \approx 18 \text{ м в ст.}$$

Отметим, что насос № 2 на иловой насосной станции № 2 оснащен электродвигателем с частотой вращения 750 мин⁻¹ (таблица), однако, по своим напорным характеристикам он совершенно не подходит для условий совместной подачи с другими такими же насосами станции, но оборудованными электродвигателями с частотой вращения 1000 мин⁻¹, а режим совместной подачи нескольких насосов является основным режимом работы данной насосной станции.

Дросселирование и неравномерное распределение подачи насосов в режимах совместной работы является причиной низких значений коэффициентов загрузки электродвигателей насосов. Например, измерения мощности, потребляемой насосами из сети, показали, что коэффициент загрузки насоса № 1 на иловой насосной станции № 2 составляет 0,49, а электродвигателя насоса № 2 на этой же станции 0,41.

Замена электродвигателей насосов на электродвигатели меньшей мощности рекомендуется при значениях коэффициентов их загрузки менее 0,5. При годовой продолжительности работы насосов 300 суток, повышение коэффициентов загрузки электродвигателей насосов № 1 и № 2 на иловой насосной станции № 2 путем замены установленных электродвигателей на электродвигатели меньшей мощности, сэкономит 85500 кВт·ч.

Выполненный энергетический экспресс-аудит показал наличие потерь электроэнергии, обусловленных:

- наличием избыточного напора на всех установленных насосах иловых насосных станций;
- не соответствием установленной мощности электродвигателей насосов фактической нагрузке насосов;
- относительно высоким значением потерь в питающей электрической линии;

– конструктивным несовершенством системы снабжения очистных сооружений сжатым воздухом и ограниченными возможностями для регулирования подачи сжатого воздуха.

Выше отмечались перспективы сокращения затрат на оплату электрической энергии на очистных сооружениях за счет изменение схемы электроснабжения для использование преимуществ гибкой тарифной политики, а также совершенствования регулирования устройств компенсации реактивной мощности.

Общий потенциал годовой экономии затрат на оплату электрической энергии на очистных сооружениях Сумского Сумского КП «Горводоканал», при действующем значении тарифа на электроэнергию составляет около 2400 тыс грн. Более 65 % этого потенциала может быть реализовано за счет внедрения организационных и технических мероприятий со сроками окупаемости не превышающими одного года.

На время подготовки публикации Сумское КП «Горводоканал» уже реализовало возможности сокращения затрат на оплату электроэнергии за счет изменения схемы электроснабжения очистных сооружений и приступил к замене насосных агрегатов на иловых насосных станциях.

ABOUT RESULTS OF EXPRESS ENERGY AUDIT OF SUMY STATE MUNICIPAL ENTERPRISE “GORVODOKANAL” DRAINS CLEANING SYSTEM

S. N. POKALITSYN, Cand. Tech. Sci.

Results of express energy audit of Sumy state municipal enterprise “Gorvodokanal” drains clearing system are considered. The reasons of irrational use of electric energy and the additional expenses for payment electric energy losses are shown. The actions directed on reduction of electric power losses expenses are described and proved.

Поступила в редакцию 02.11 2010 г.