



В. С. Ним
генеральный директор
ООО «Джи-Эс-Пи Проект»
Н. Ю. Большаков
к. т. н., доцент, главный
технолог ООО «Джи-Эс-Пи
Проект»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА АЭРАЦИЮ

Современный уровень развития и представленное многообразие методов реализации технологий очистки стоков достигли того уровня, когда степень технологичности применяемого в тех или иных процессах оборудования напрямую влияет на конечный результат. В современных критериях эффективности работы очистных сооружений канализации это качество очистки сточных вод и себестоимость производственного цикла.

В основе принятия решений о применении того или иного оборудования при проектировании или модернизации комплексов очистки лежат такие эксплуатационные характеристики, которые позволяют сократить энергозатраты, повысить производительность и надежность технологических процессов. Для достижения этих целей компании — производители оборудования применяют в выпускаемых комплексах самые передовые на сегодняшний день инженерные решения:

- энергоэффективные моторы;
- современные конструкционные материалы;
- методы математического моделирования при проектировании;
- частотно-регулируемые приводы;
- системы управления, позволяющие осуществлять мониторинг состояния оборудования и прогнозирование планово-предупредительного технического обслуживания.

Так, повышения эффективности, уменьшения стоимости технического обслуживания, простоты управления и обслуживания в турбовоздуходувках *Sulzer HST* удалось достигнуть благодаря следующим решениям.

1. Магнитные подшипники, обеспечивающие отсутствие механического износа и минимальные потери энергии на трение.
2. Электродвигатель на постоянных магнитах, обладающий самым высоким на сегодня классом КПД.
3. Конструкция, интегрирующая компрессор, двигатель, преобразователь частоты, шкаф управления.
4. Массогабаритные характеристики, что позволяет снизить расходы на строительство и реконструкцию.
5. Низкая стоимость монтажных работ из-за отсутствия необходимости специального фундамента, использования грузоподъемной техники.
6. Модульность системы, позволяющая параллельную работу группы компрессоров.
7. Совместимость с другими типами воздуходувных машин, что делает возможным поэтапную модернизацию воздуходувных станций для экономии средств.

При необходимости турбовоздуходувки *Sulzer HST* могут быть объединены в систему (*фото 1*). Блок управления оптимизирует работу турбокомпрессора в соответствии с требуемой производительностью и управляет работой группы машин.

Все это способствует оптимизации производственного процесса всей группы, выраженной в показателях



ФОТО 1
ЕДИНАЯ СИСТЕМА ИЗ ЧЕТЫРЕХ ТУРБОВОЗДУХОДУВОК
SULZER HST

производительности и потребления энергии. Рабочие характеристики турбовоздуходувок *Sulzer HST* представлены на рисунке 1.

Высокая себестоимость работы ОСК обусловлена стоимостью энергии, потребляемой используемыми приводами. На ее долю приходится от 15 до 35 % от стоимости всех операционных затрат. Если рассмотреть стоимость потребляемой энергии детально, то 43 % приходится на аэрацию, 33 % — на предварительную очистку и 24 % — на обезвоживание осадка сточных вод, причем воздуходувное оборудование

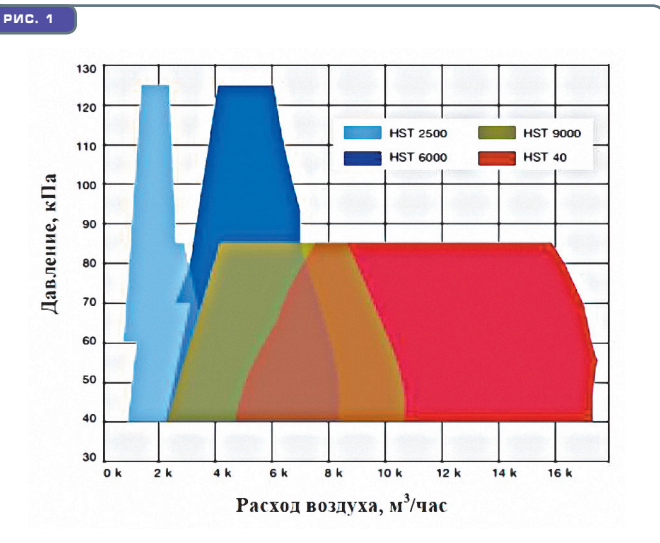


РИС. 1
РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБОВОЗДУХОДУВОК
SULZER HST



ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ, Г. КАСТЕЛЬОН-ДЕ-ЛА-ПЛАНА, ИСПАНИЯ

как правило работает непрерывно, являясь лидером по энергопотреблению.

Приведем в пример сравнение производительности роторных воздуходувок с высокоскоростной турбовоздуходувкой *Sulzer HST* по показателям затрат на энергопотребление. Исследование, представленное в данной статье, проводилось на очистных сооружениях канализации (ОСК), расположенных в городе Кастильон-де-ла-Плана испанской провинции Левант (фото 2). Производительность очистных сооружений — 45 000 м³/сутки, энергоемкость цикла очистки составляет 1370 кВт. Станция была построена в 1980 г., имеет две линии биологической очистки объемами в 4428 м³ и 5125 м³ соответственно. Воздух нагнетается через систему мелкопузырчатых диффузоров четырьмя воздуходувками — двумя на каждую линию. Мощность каждой из них — 160 кВт с номинальным расходом в 11 238 м³/ч на первой и 7326 м³/ч на второй линии при стандартных условиях.

В проводимом исследовании следовало сравнить сходные по производительности воздуходувки — роторную воздуходувку (типа «Рутс») и высокоскоростной турбокомпрессор с магнитными подшипниками. Для модернизации была выбрана турбовоздуходувка *Sulzer HST 6000* со следующими характеристиками.

Расход воздуха в диапазоне 2475 м³/ч и 7462 м³/ч при стандартных условиях.

Высота расположения насосно-воздуходувной станции над уровнем моря — 0 м.

Температура окружающей среды — от 0 до 35 °С.

Относительная влажность воздуха — от 50 до 80 %.

Повышение давления — 53 кПа (давление на входе 101 325 Па; давление на выходе 154 325 Па).

Воздушный поток регулируется встроенным частотным преобразователем, который способен изменять скорость и крутящий момент для предельно точного контроля объема и давления воздуха.

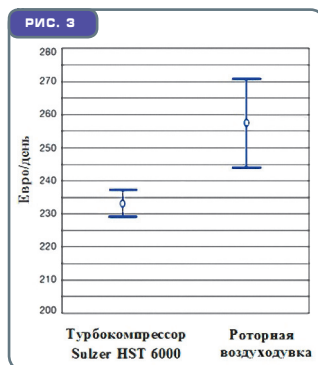
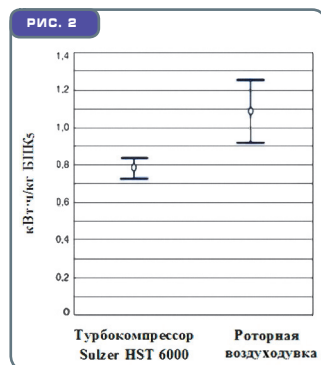
Для объективного сравнения технологий нагнетания воздуха средствами воздуходувки роторного типа и высокоскоростной турбовоздудувки с магнитными подшипниками использовались одинаковые линии аэротенка. Далее было произведено сравнение соотношения кВт · ч/кг · БПК₅. БПК — биохимическое потребление кислорода, т. е. количество кислорода, израсходованное за определенное время (за 5 суток — БПК₅) в аэробных условиях на окисление органических веществ, содержащихся в единице объема воды. Для точности сопоставления результатов исследования в иловой смеси поддерживалась одинаковая концентрация активного ила. Количество энергии, потребляемой обеими системами, измерялось анализатором, снимающим показания работы систем каждые 15 минут.

Таблицы 1 и 2 иллюстрируют характеристики и энергопотребление обеих систем. Расчет затрат (евро/день) производился исходя из цен на электроэнергию — 0,098 евро за кВт.

Значительные результаты были достигнуты в ходе сопоставления коэффициента кВт · ч/кг · БПК₅ и евро/день. На рисунке 2 показаны результаты дисперсионного анализа, которые наглядно демонстрируют то, что значение среднего отношения кВт · ч/кг · БПК₅ при работе турбокомпрессора *Sulzer HST* (0,86 кВт · ч/кг · БПК₅) значительно ниже, нежели при работе обычной воздуходувки (1,23 кВт · ч/кг · БПК₅). Таким образом, по сравнению обычной воздуходувкой количество энергии,

Переменная	Значение	Минимальная	Максимальная	Стандартное отклонение
кВт·ч/кг БПК ₅	1,1	0,63	1,57	0,306
Евро/день	258,08	210,14	298,08	24,183

Переменная	Значение	Минимальная	Максимальная	Стандартное отклонение
кВт·ч/кг БПК ₅	0,78	0,43	1,47	0,193
Евро/день	233,60	187,01	290,59	24,067



ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ, кВт·ч/БПК₅, ДЛЯ ТУРБОВОЗДУХОДУВКИ SULZER HST 6000 И РОТОРНОЙ ВОЗДУХОДУВКИ

потребляемой турбовоздуховкой *Sulzer HST*, оказывается меньше на 0,37 кВт·ч/кг БПК₅.

Рисунок 3 отражает результаты дисперсионного анализа, выраженного в значении евро/день. У традиционной воздуходувки он выше — 258 евро/день, у турбокомпрессора *Sulzer HST* — 233 евро/день.

Исходя из особенностей конструкции турбовоздуховки *Sulzer HST*, в условиях правильной эксплуатации необходимость в профилактическом обслуживании и ремонте его механических деталей очень невелика. Учитывая все перечисленные в инструкции по эксплуатации пункты, затраты на содержание турбокомпрессора по расчетам в худшем случае могут составить 19 318 евро в течение 5 лет.

Традиционные воздуходувки требуют контроля смазки подшипников и прочих движущихся деталей. Для расчета расходов на техническое обслуживание воздуходувки были выведены средние значения материальных затрат и оплаты труда. Обслуживание производится на территории поставщика, его стоимость составляет 8 150 евро и потребует 20 000 нормочасов (приблизительно 2,5 года работы персонала). Таким образом, общие расходы на техническое обслуживание воздуходувки составят порядка 27 486 евро.

Анализируя данные, приведенные в этом исследовании, можно сделать вывод, что эксплуатационные расходы при использовании турбовоздуховки *Sulzer HST* ниже, чем при использовании традиционной воздуходувки. Большой рабочий диапазон системы, при котором несущественные перепады давления не вызывают увеличения в потреблении энергии, способствует существенной экономии энергии. Технология магнитных подшипников заменила привычные подвижные

детали, такие как ременной привод, применяемый в воздуховках, что также существенно экономит энергию за счет отсутствия потерь энергии на трение.

После сравнения работы роторных воздуховок и турбовоздуховки *Sulzer HST* можно сделать вывод, что использование технологии магнитных подшипников позволяет сэкономить от 20 до 30 % энергии. Коэффициент потребляемой мощности, поделенный на биохимическое потребление кислорода БПК₅, снизился с 1,23 кВт·ч/кг·БПК₅ до 0,86 кВт·ч/кг·БПК₅, что экономит средства в сумме 25 146 евро/год, исходя из стоимости 0,098 евро за кВт. Далее, если сопоставить расходы на техническое обслуживание воздуховки — 27 468 евро (за пятилетний период) — со стоимостью пятилетнего профилактического обслуживания и ремонта турбокомпрессора *Sulzer HST* (15 771 евро), экономия при обслуживании турбовоздуховки составит 11 697 евро за расчетный период эксплуатации.

ВЫВОДЫ

1. Использование турбовоздуховки *Sulzer HST* 6000 на ОСК Кастильон-де-ла-Плана (Испания) позволило до 30 % снизить энергозатраты на нагнетание воздуха.
2. Техническое обслуживание системы в случае применения высокоскоростной турбовоздуховки на магнитных подшипниках и при условии соблюдения правил эксплуатации не требует затрат. На рассматриваемом объекте за весь период эксплуатации турбовоздуховки *Sulzer HST* не потребовали никаких вмешательств.
3. Массогабаритные характеристики турбовоздуховок *Sulzer HST* позволяют размещать их в ограниченном пространстве без применения специального грузоподъемного механизма и без разработки и устройства специального фундамента.
4. Низкий уровень шума, производимого работающей турбовоздуховкой *Sulzer HST*, обеспечивает более комфортные условия эксплуатации.
5. Способность регулировать скорость нагнетания, а соответственно — подачу воздуха в систему аэрации в широком диапазоне расхода позволяет оптимизировать процесс аэрации в зависимости от множества показателей. Система управления частотным преобразователем способна принимать как аналоговые, так и цифровые сигналы для управления производительностью всей системы. ●