

Таблица 4 – Эквивалентные уровни звука без учета шумозащитного экрана с учетом среднего времени работы замедлителей в дневное и ночное время

Расчетные точки	Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска без экрана, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 1,5 м, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 3,2 м, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 4,6 м, дБА	
	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время
1	83,2	83,2	67,8	67,8	64,1	64,1	63,0	63,0
2	71,8	71,8	56,7	56,7	52,9	52,9	51,6	51,6

Выводы. Расчет показал, что благодаря даже 1,5-метровому шумозащитному экрану уровни шумового воздействия теоретически уменьшились в среднем на 15 дБА для эквивалентного уровня звука. Максимальное значение шумопоглощения для экрана высотой 4,6 м составляет примерно 20 дБА.

Расчет уровней звука для максимально эффективной высоты шумозащитного экрана (4,6 м) с учетом среднего времени роспуска поезда показал, что уровни шума снизятся, однако превышения останутся.

УДК 621.577

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИВОДОВ КОМПРЕССОРОВ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Г. Н. БЕЛОУСОВА, А. Н. НОВИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Себестоимость перевозок грузов железнодорожным транспортом представляет собой удельные эксплуатационные расходы железной дороги, приходящиеся на единицу объема перевозок.

Снижение затрат на все виды энергии, используемой при производстве товаров и услуг, – один из важных элементов выживания предприятий в условиях рыночной экономики, и заставляет предприятия активно искать пути снижения потребления электроэнергии.

Очистные сооружения относятся к числу энергоемких предприятий. Именно они первыми начали активно использовать энергосберегающие технологии, например частотное регулирование насосных агрегатов.

Возможность регулирования степени очистки привела к созданию многообразных технологических приемов, критерием эффективности которых являются достигаемая степень очистки, т.е. экологический фактор, и стоимость очистки – экономический фактор. В общем случае, зная принцип метаболизма микроорганизмов, можно добиться любой степени очистки, но ограничением по организации той или иной технологии может являться ее стоимость, которая, прежде всего в период эксплуатации, зависит от энергозатрат.

Выбор метода очистки сточных вод производится на основании степени очистки с учетом состава поступающей на очистную станцию сточной воды. С целью очистки городских сточных вод в проекте строительства предусмотрено две технологические схемы, включающие механическую очистку в решетках, песколовках, отстойниках, полную биологическую очистку в аэротенках с отделением активного ила во вторичных отстойниках и обеззараживание. По технико-экономическому сравнению вариантов очистки сточных вод принимается наиболее эффективная технологическая схема.

В качестве сооружения биологической очистки по технологической схеме применяется аэротенк. Очистка сточных вод в аэротенках происходит с помощью активного ила – биоценоза организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде. Так как сточные воды характеризуются высокими концентрациями азота и фосфора общего, то биологическая очистка должна предусматривать удаление биогенных элементов до требований сброса с целью предотвращения эвтрофикаций в водном объекте.

Современные очистные сооружения оснащаются системами аэрации, очищающими сточные воды с помощью их искусственного насыщения воздухом, который окисляет содержащиеся в них органические вещества. Для осуществления данного процесса используется специализированный компрессор, создающий давление до 0,1 МПа, его называют низкобарным или воздуходувкой. Объектом управления в системе аэрации является технологический процесс очистки сточных вод с использованием бактерий, содержащихся в активном иле.

В сточной воде, поступающей на аэротенк, наблюдается превышение концентрации фосфора. Биологическое удаление фосфора может осуществляться с параллельным удалением азота денитрификацией. По принятой схеме предварительной денитрификации определяют общий объем нитрификатора, денитрификатора, объем анаэробной зоны и общий объем сооружений. По расчетным данным принимают типовой проект аэротенка-вытеснителя. Расчетное количество воздуха, подаваемого в аэротенк, составляет $Q_v = 11315,3 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Сточные воды подаются в секции аэротенков, где находится ил с активными бактериями. Для активизации бактерий и перемешивания иловой смеси в секции подается воздух от двух винтовых компрессоров DELTA SCREW Generation VM/VML производительностью $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$; мощностью двигателя – 320 кВт. Общая идея заключается в том, чтобы поддерживать необходимое количество воздуха $Q_v = 11315,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, в сточных водах за счет регулирования задвижками на всасывающем трубопроводе компрессоров. Повышенный уровень кислорода приводит к неоправданному увеличению количества энергии, потребляемой компрессорами. Пониженный уровень кислорода может привести к существенному ухудшению процесса очистки. Оценка количества кислорода, находящегося в иловой смеси, ведется по датчикам кислорода ДК.

Заданное значение содержания кислорода в иловой смеси может корректироваться с учетом информации, поступающей от датчика температуры окружающей среды, количества поступающих сточных вод, степени их загрязненности и т. д. Кроме того, необходим контроль количества воздуха, поступающего на каждую секцию с учетом требований минимальной подачи воздуха по условиям перемешивания.

Функции устройства управления выполняет программируемый логический контроллер ПЛК, установленный в диспетчерской. Он обрабатывает информацию от всех датчиков объекта управления и выдает управляющие команды.

Программируемый логический контроллер имеет связь с персональным компьютером ПК, на котором установлена SCADA-система, которая обеспечивает: отображение хода технологического процесса; индикацию технологических параметров; предупредительную и аварийную сигнализацию; протоколирование штатных и аварийных режимов; ввод управляющих сигналов от оператора.

Особенности системы управления состоят в том, что объект управления является чрезвычайно сложным с точки зрения требований к алгоритмам управления по следующим причинам:

- содержит биологическую систему – активные бактерии ила, поведение которых неоднозначно и зависит от следующих факторов: количества подаваемого кислорода, температуры окружающей среды, степени загрязненности сточных вод;

- обладает большой инерцией из-за большого количества сточных вод, одновременно находящихся в секциях аэротенков; большой протяженности воздуховодов; наличия биологической системы;

- на параметры объекта существенное влияние оказывает большое количество случайных факторов, учет влияния которых прогнозировать невозможно. Например, плотность и сжимаемость воздуха существенно зависят от температуры. Это приводит к тому, что контуры регулирования подачи воздуха необходимо перестраивать в зависимости от условий окружающей среды.

Развитие данной системы, связанное с использованием преобразователей частоты для приводов компрессоров, позволяет снизить потребление электроэнергии на 30 %.

Расход электроэнергии с использованием преобразователей частоты, определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}' \cdot 0,7,$$

где \mathcal{E}' – расход электроэнергии компрессором, кВт·ч.

$$\mathcal{E} = 1\,128\,494 \cdot 0,7 = 790\,005,3 \text{ кВт}.$$

Сумма затрат на электроэнергию определяется по формуле

$$790\,005,3 \cdot 0,7604 = 600\,720,03 \text{ руб.}$$

Таблица 1 – Сравнение показателей затрат при работе компрессоров

Наименование потребителя электроэнергии	Использование задвижек		Использование частотных преобразователей	
	Расход электроэнергии, кВт	Сумма затрат, руб.	Расход электроэнергии, кВт	Сумма затрат, руб.
Винтовой компрессор DELTA SCREW generation vm/vml	11 28 494	2 661 124,5	790 005,3	600 720,03

Сравнивая расход электроэнергии при использовании задвижек и частотных преобразователей (таблица 1), можно сделать вывод, что использование преобразователей частоты для приводов компрессоров является энергетически более выгодным, чем регулирование задвижками.

Очистные сооружения будущего должны иметь минимальные размеры, быть экологически безопасными и с минимальными энергозатратами, а качество очищенных сточных вод должно позволять использовать их на технические нужды города.

УДК 504.75:628.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗНАЧЕНИЙ ПО ЖЕЛЕЗУ ОБЩЕМУ ПРИ РАБОТЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ

Р. Н. ВОСТРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. МАКАРОВ

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Российская Федерация

Республика Беларусь обладает значительными ресурсами подземных вод, однако около 70 % скважин характеризуется содержанием железа общего, превышающего предельно допустимую концентрацию (ПДК) [1]. На территории Полесья превышение ПДК наблюдается на 90 % скважин [2].

Железо является одним из важнейших элементов, участвующих в кроветворении, дыхании, окислительно-восстановительных реакциях и иммунобиологических процессах [3]. Норма потребления железа составляет 20–25 мг в день [4], однако избыточное количество железа отрицательно сказывается на работе печени, может стать причиной зуда, сухости и шелушения кожи, болезней кровеносной системы, диабета, атеросклероза [3].

Нами проведено сравнение эффективности очистки и стабильности значений по железу общему 52 скважин двух инфильтрационных водозаборов (ИВ) за 2001–2016 и 2004–2016 гг., для ИВ-1 и ИВ-2, соответственно. В качестве исходных данных использовано ежеквартально определяемое содержание железа общего в подземных, исходных и питьевых водах.

С целью оценки тенденции изменения значений железа общего в подземных водах временные ряды разбивались на два временных интервала (для ИВ-1: 2001–2008, 2009–2016 гг.; для ИВ-2: 2004–2008, 2008–2016 гг.). Установлено, что содержание железа общего в подземных водах находится в пределах 3,1–18 и 9–13 ПДК на ИВ-1 и ИВ-2, соответственно (ПДК составляет 0,3 мг/дм³ [1]). Средние значения на ИВ-1, в целом, на 29 % больше, чем на ИВ-2 (3,2 мг/дм³ для ИВ-1 и 2,5 мг/дм³ для ИВ-2). Выявлено, что первые временные интервалы характеризуются ростом значений исследуемого показателя (на 0,5 мг/дм³ для ИВ-1 и 0,9 мг/дм³ для ИВ-2). На вторых временных интервалах отмечается незначительное изменение содержания исследуемого показателя (увеличение на 0,1 мг/дм³ для ИВ-1 и уменьшение на 0,2 мг/дм³ для ИВ-2). По всей видимости, долговременная эксплуатация ИВ привела к стабилизации скорости прироста значений железа общего. Таким образом, несмотря на довольно высокие значения исследуемого показателя, дальнейшее его увеличение не ожидается.

Средние многолетние значения железа в исходной и питьевой воде на первых временных интервалах составили 2,8 и 0,1 мг/дм³ и 2,7 и 0,2 мг/дм³, а на вторых временных интервалах – 3 и 0,2 мг/дм³ и 3,5 и 0,2 мг/дм³, на ИВ-1 и ИВ-2, соответственно.

Эффективность очистки на первом временном интервале на ИВ-1 варьируется в пределах от 81,2 до 100 % и в среднем составляет 94,0 %, а на втором временном – от 78,5 до 97 % и в среднем