

Отобранные точечные пробы для транспортировки в испытательную лабораторию помещаются в контейнеры (полиэтиленовые пакеты, стеклянные банки). Контейнеры заранее подготовлены и имеют маркировку.

Проведение измерений содержания загрязняющих веществ в пробах осуществляется в соответствии с ТНПА (Технические нормативные правовые акты) и МВИ (Методика выполнения измерений) в области охраны окружающей среды, действующими на момент испытаний, а также СТБ ИСО 11885, СТБ ИСО 17294-1, СТБ ИСО 17294-2.

3. Определение площади, глубины и степени загрязнения земель

Исследуемая территория относится к землям сельскохозяйственного назначения и частично к землям лесного фонда. По виду земель исследуемые территории относятся к пахотным, залежным и луговым землям [2].

Расчет площади, глубины и степени загрязнения земель проводится по результатам проведения измерений проб и оценки уровня их загрязнения путем сравнения фактических значений содержания химических веществ, полученных в результате измерений, с действующими на момент обследования ПДК/ОДК или значением фонового содержания химических веществ согласно ТКП 17.03.01 [3].

Для расчета площади загрязненных земель будет использоваться компьютерная программа «Математика».

Список цитированных источников

1. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Землі. Правілы і парадак вызначэння забруджвання зямель (уключаючы глебы) хімічнымі рэчывамі : ТКП 17.03-02-2013. Введ. 29.11.13. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2013. – 12 с.

2. О земле: Кодекс Респ. Беларусь, 26.10.2012 № 2/1984 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь 2012. - № 439-3. - С. 6.

3. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения фонового содержания химических веществ в землях (включая почвы) = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Землі. Правілы і парадак вызначэння фонавага утрымання хімічных рэчываў у землях (уключаючы глебы): ТКП 17.03.01-2013. Введ. 29.11.13. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2013. – 16 с.

УДК 628.356

Лукьянович Д. Ю., Бурдина А. А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Акулич Т. И.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Целью данной работы является анализ путей повышения энергоэффективности городских очистных сооружений канализации и обоснование внедрения энергосберегающих мероприятий путем расчета расхода воздуха на примере очистных сооружений г. Бреста.

В настоящее время энергосбережение является одной из приоритетных задач развития инженерных систем и сооружений, что связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами. Одним из мероприятий для достижения экономии энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве является повы-

шение эффективности работы действующих энергетических мощностей на основе использования инновационных и энергоэффективных технологий с поэтапным выводом из эксплуатации устаревшего оборудования.

Одним из крупных потребителем электроэнергии в сфере ВКХ является система коммунального водоснабжения и водоотведения, в частности, очистка сточных вод. Главная причина повышенного расхода электроэнергии на очистку городских сточных вод — применение устаревшего оборудования и технологий. Поэтому комплексное решение данных вопросов является актуальной задачей.

Согласно литературным данным и опыту эксплуатации очистных сооружений типичное распределение энергопотребления для сооружений с аэротенками показано на рисунке 1.

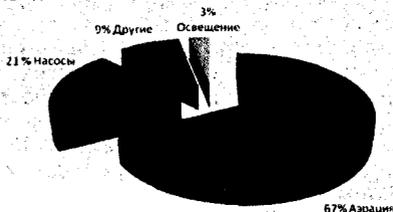


Рисунок 1 – Типичное распределение энергопотребления на канализационных очистных сооружениях

Как видно из данного рисунка, основное потребление электроэнергии связано с аэрацией сточной воды в аэротенках – 67%, а в некоторых случаях может достигать 80% от общего потребления электроэнергии [1].

Подача воздуха в аэротенки, являясь самым энергозатратным процессом, в то же время является одним из главных при биологической очистке. При биологической очистке сточных вод наибольшее распространение получила пневматическая система аэрации.

Весь комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию энергопотребления, можно разделить на три основные группы решений:

1. Технические решения: замена аэрационной системы с установкой аэраторов с высокими массообменными характеристиками, замена воздухоудвигного оборудования.

2. Оптимизационный этап: оснащение сооружений приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод, а также централизация сигналов с оборудования в диспетчерский пункт для принятия решений и выбора оптимального режима работы.

3. Технологический этап: реализация эффективных энергосберегающих технологий очистки сточных вод.

Одним из распространенных и доступных мероприятий по сокращению энергопотребления является замена аэрационных систем. Применение мелкопузырчатых аэраторов предпочтительнее, так как более мелкие пузырьки обеспечивают перенос большего количества кислорода. Однако мелкопузырчатые диффузоры подвержены кольматации (забиванию). Из имеющихся типов мелкопузырчатых аэраторов наиболее перспективными являются мембранные элементы. Данные аэраторы практически не подвержены биообрастанию. Также аэрационные системы на базе мембранных аэраторов обладают наилучшей способностью к управлению, поскольку способны противостоять переменным нагрузкам (суточным, сезонным). Данные аэраторы в значительно меньшей степени кольматируются при регулярном изменении нагрузки по воздуху от 2 до 4 раз.

Следующим фактором, влияющим на энергосбережение, является схема раскладки аэрационных элементов по днищу аэротенка. В настоящее время применяются следующие схемы:

а) пристенная схема монтажа, т. е. продольное одностороннее расположение аэраторов;

б) промежуточная схема монтажа с покрытием 10-75 % площади днища;

в) равномерное расположение аэраторов по днищу.

Для достижения энергосберегающего эффекта раскладка аэрационных систем должна выполняться по принципу 100%-го покрытия днища аэротенка.

Вариант полного покрытия ширины дна аэрационного коридора в отличие от продольного расположения аэраторов вызывает снижение удельного расхода воздуха на 72%. Это происходит за счет увеличения времени контакта с газовой фазой приблизительно в 3 раза и устранения крупной доли массового продольного перемешивания собственно воздухом. Влияние плотности раскладки аэраторов по днищу аэротенка на количество подаваемого в систему воздуха представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние плотности раскладки аэраторов по днищу аэротенка на количество подаваемого в систему воздуха

far/fat	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
K1	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2	2,13	2,3
Kpa	1	1,1	1,25	1,41	1,44	1,49	1,59	1,72

Таким образом, использование мелкопузырчатой аэрации с раскладкой по принципу стопроцентного охвата ширины коридора снижает общее количество воздуха и общие энергозатраты станции аэрации ориентировочно на 15% [2].

Следующий путь снижения энергопотребления на очистных сооружениях является применение регулируемых воздуходувок, при помощи которых можно снизить расход энергии за счет регулирования мощности воздуходувки в зависимости от реальной загруженности очистных сооружений. При этом данное оборудование должно удовлетворять основным условиям:

- иметь высокий базовый КПД;
- диапазон управления подачей воздуха должен быть достаточно широк;
- КПД в диапазоне подач воздуха должен сохранять высокие величины.

Из различных видов управляемых воздуходувок – одноступенчатые центробежные управляемые, сверхскоростные с воздушными или магнитными подшипниками, многоступенчатые, роторные – приведенным выше условиям удовлетворяют одноступенчатые центробежные управляемые редукторные воздухонагнетатели. Управление ими осуществляется поворотом лопаток на входе и выходе по датчикам кислорода в аэротенке и температуре воздуха на всасывании [3]. Суть энергосбережения заключается в разнице потребляемой электроэнергии для управляемого и неуправляемого режимов подач воздуха в аэротенки.

Кроме применения технических и оптимизационных решений, энергосбережения можно достигнуть путем внедрения на очистных сооружениях процессов глубокого удаления биогенных элементов. При одновременной реализации схем нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора с точки зрения энергосбережения важна стадия денитрификации. Современные процессы биологической очистки содержат аноксидные зоны для обеспечения удаления азота или денитрификации, что обеспечивает возврат кислорода через связанные формы азота (NO_2 , NO_3). В зависимости от продолжительности денитрификации можно восстановить до 63% кислорода, потраченного на нитрификацию.

Для этого достаточно провести реконструкцию аэротенка с выделением в его начальной части зоны перемешивания и организацией в нее рецикла из конца последнего коридора аэротенка. При внедрении такой технологии можно получить двойной эффект: экологический (достижение ПДК по азоту аммонийному) и экономический (энергосберегающий эффект).

Таким образом, реализуемая на очистных сооружениях весь комплекс мероприятий (высокоэффективные системы аэрации, управляемые воздухоподъемники, внедрение АСУ ТП, реализация процесса глубокого удаления азота и т. д.) можно осуществить процесс очистки с обеспечением стабильно высокого качества очистки и с максимальным энергосбережением до 70% [2].

Вторым этапом данной работы является обоснование внедрения энергосберегающих мероприятий путем практического расчета расхода воздуха для биологической очистки на Брестских канализационных сооружениях. Очистные сооружения г. Бреста были введены в эксплуатацию в 1969 году - первая очередь, вторая - в 1981 году, третья - в 1992 году. Проектная мощность очистных сооружений - 135 тыс. м³/сут. В настоящий момент на очистных сооружениях сточные воды подвергаются механической и полной биологической очистке с доочисткой на биологических отстойниках и отводятся в реку Западный Буг. Смесь сырого осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила перекачивается для обработки на КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод».

При вводе в эксплуатацию биологическая очистка осуществлялась в аэротенках трех типов:

1-я очередь: аэротенки-вытеснители трехкоридорные с регенераторами, две секции, размер коридора $V \times L \times H = 8 \times 98 \times 4,2$ м, общая ёмкость 19756,8 м³.

2-я очередь: аэротенки-смесители трехкоридорные с регенераторами, две секции, размер коридора $V \times L \times H = 6 \times 84 \times 4,4$ м, общая ёмкость 13305,6 м³.

3-я очередь: аэротенки с неравномерно рассредоточенным впуском двухкоридорные без регенераторов, две секции, размер коридора $V \times L \times H = 6 \times 84 \times 4,05$ м, общая ёмкость 8164,8 м³.

Для подачи воздуха было установлено 4 воздухоподъемки ТВ-300-1,6, две рабочие и две резервные. Мощность двигателя - 400 кВт, производительность 18000 м³/час. Для диспергирования воздуха, поступающего на аэротенки. Ранее применялись фильтросные пластины, впоследствии замененные на пневматические мелкопузырчатые трубчатые аэраторы.

Для расчета расхода воздуха были приняты следующие исходные данные: среднесуточный расход сточных вод $Q = 97550$ м³/сут, БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной воды $L_{вп} = 242,18$ мг/дм³, БПК_{полн} очищенной воды $L_{вч} = 15$ мг/дм³, среднемесячная температура воды за летний период $T_w = 20,5^\circ\text{C}$, средняя концентрация кислорода в аэротенках $C_0 = 1,5$ мг/дм³.

Удельный расход воздуха определялся при следующих коэффициентах: коэффициент K_1 , учитывающий тип аэратора, при принятом соотношении площадей аэрируемой зоны и аэротенка $f_{аз}/f_{ат} = 0,27$ $K_1 = 1,83$; коэффициент K_2 , зависящий от глубины погружения аэраторов, $K_2^2 = 2,454$, $K_2^3 = 2,54$, $K_2^4 = 2,388$; коэффициент K_t , учитывающий температуру сточных вод, $K_t = 1,01$; коэффициент качества воды K_3 , для городских сточных вод $K_3 = 0,85$.

Расчет требуемого количества воздуха проводился по методике [4]. В результате расчета необходимый расход воздуха для аэрации сточной воды во всех аэротенках составил $Q_{ав} = 27306,8$ м³/час. Таким образом, две рабочие воздухоподъемки ТВ-300-1,6 с производительностью каждой 18000 м³/час обеспечат необходимый расчетный расход воздуха.

С целью реализации мероприятий по экономии и рациональному использованию топливно-энергетических и материальных ресурсов на Брестских канализационных очистных сооружениях в 2008 году воздухоподъемки ТВ-300-1,6 были

заменены на одноступенчатые управляемые редукторные турбокомпрессоры Siemens KA22SV-GL225 мощностью 355 кВт при производительности 11500-24000 м³/час (рисунок 2). Суммарное годовое потребление электроэнергии при этом снизилось с 7 711 200 кВт до 6 134 400 кВт.

В 2014-2016 гг на очистных сооружениях канализации г. Бреста была проведена реконструкция сооружений биологической очистки с внедрением технологии совместного удаления органических и биогенных элементов (азота и фосфора) биологическим методом. В результате реконструкции была введена в эксплуатацию одна секция трехкоридорного аэротенка с размерами коридора $B \times L \times H = 6 \times 84 \times 4,16$ м; общей ёмкостью 6289,9 м³ с зонами нитриденитрификации и дефосфотации, и в объемах существующих аэротенков были выделены данные зоны.

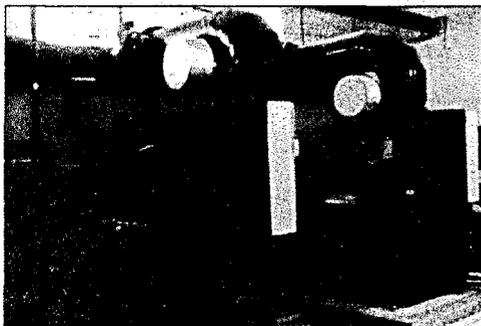


Рисунок 2 – Управляемые одноступенчатые воздуходувки на очистных сооружениях г. Бреста

При переводе очистных сооружений на глубокое окисление аммонийного азота затраты электроэнергии на аэрацию могут вырасти до двух раз. С точки зрения энергосбережения в усовершен-

ствованной технологии очистки воды особенно важна стадия денитрификации. Поэтому при расчете удельного расхода воздуха его количество увеличивается на величину ($4,57 \cdot C_N^I$) и уменьшается на величину ($2,86 \cdot C_N^A$), где C_N^I - концентрация нитрифицированного азота (48,9 мг/дм³), C_N^A - концентрация денитрифицированного азота (33,9 мг/дм³). Также для расчетов принимается соотношение площадей аэрируемой зоны и аэротенка $f_{az}/f_{at} = 1$, тогда коэффициент $K_1 = 2,3$.

В результате расчета необходимый расход воздуха для аэрации сточной воды во всех аэротенках с технологией нитри-денитрификации составил $Q_{air} = 29506,7$ м³/час, значит, имеющиеся две рабочие воздуходувки Siemens KA22SV-GL225 обеспечат необходимый расчетный расход воздуха.

Таким образом, внедрение энергосохраняющей технологии совместно с использованием современных мембранных аэраторов при полном покрытии ширины дна коридора аэротенка с подачей воздуха управляемыми воздуходувками позволит как сэкономить энергоресурсы, так и повысить качество очистки сточных вод.

Список цитированных источников

1. Lawrence J. Pakenas, P. E. Energy efficiency in municipal wastewater treatment plants. Technology assessment. New York state, Energy research and development authority. (2012) – 24 pp.
2. Баженов, В. И. Энергосбережение из воздуха / В. И. Баженов // Энерго-свет – 2013. - №1. – С. 32-43.
3. Березин, С. Е. Управление воздуходувками - действенная мера энергосбережения в инфраструктуре водоотведения / С. Е. Березин. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 3. – С. 55-58.
4. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.