

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

Целью данной работы является изучение модернизации системы аэрации на очистных сооружениях канализации с целью повышения эффективности процесса очистки сточных вод и экономии энергопотребления.

Одним из крупных потребителей электроэнергии в сфере ВКХ является процесс очистки сточных вод. В настоящее время на большинстве канализационных очистных сооружениях Республики Беларусь очистка городских сточных вод осуществляется по классической схеме: механическая очистка от нерастворенных грубодисперсных примесей, биологическая очистка от растворенных органических загрязнений в аэротенках, обеззараживание и выпуск сточных вод.

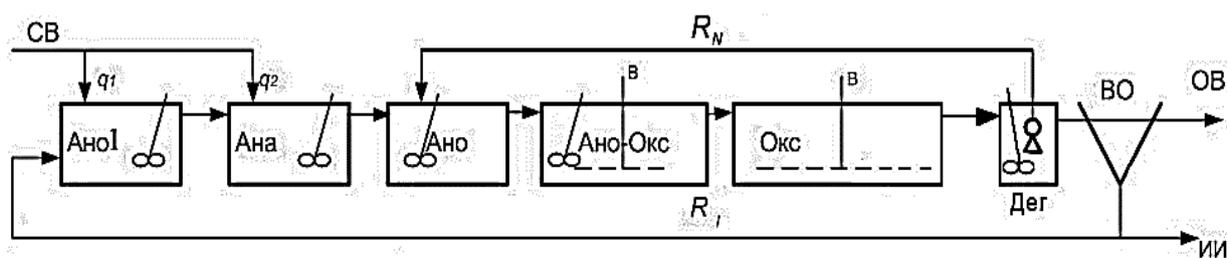
Согласно литературным данным и опыту эксплуатации очистных сооружений, основное потребление электроэнергии связано с аэрацией сточной воды в аэротенках и составляет 67–80 % от общего потребления электроэнергии [1].

Подача воздуха в аэротенки является одним из главных процессов при биологической очистке сточных вод, в тоже время процесс является самым энергозатратным. Главная причина повышенного расхода электроэнергии на очистку городских сточных вод – применение устаревшего оборудования и технологий. Поэтому комплексное решение данных вопросов является актуальной задачей.

Весь комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию энергопотребления, можно разделить на три основных группы решений [2]:

- технологический этап – реализация эффективных энергосберегающих технологий очистки сточных вод;
- технические решения – замена аэрационной системы и воздуходувного оборудования;
- оптимизационный этап – оснащение сооружений приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод, а также централизация сигналов с оборудования в диспетчерский пункт.

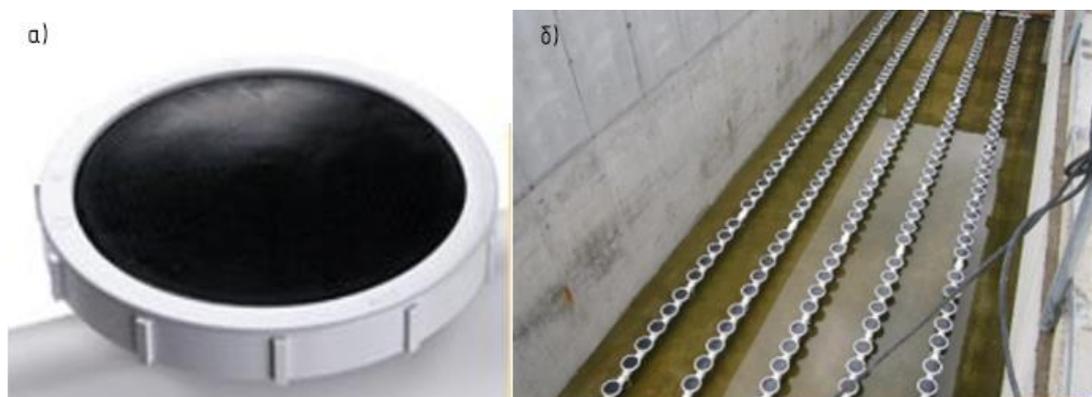
Рассмотрим реализацию данных мероприятий на очистных сооружениях канализации г. Бреста. Брестские очистные сооружения канализации были введены в эксплуатацию в 1969 году, в 2019 году была завершена их реконструкция. В результате реконструкции на очистных сооружениях был реализован *технологический этап* мероприятий по энергосбережению, а именно внедрена технология глубокого удаления биогенных элементов по Йоханнесбургскому процессу (рисунок 1) [3].



*Ано1 – аноксидная зона 1 (предденитрификатор); Ана – анаэробная зона;
 Ано – аноксидная зона; Окс – оксидная зона; Ано-Окс – переходная зона;
 Дег – зона дегазации; ВО – вторичный отстойник; СВ – подача сточных вод;
 ОВ – очищенная вода; ИИ – избыточный ил; В – подача воздуха;
 Ri – рециркуляция активного ила; RN – рециркуляция нитратсодержащей иловой смеси*
Рисунок 1 – Йоханнесбургский процесс, внедренный на Брестских очистных сооружениях канализации

С точки зрения энергосбережения здесь важны аноксидные зоны, где проходит денитрификация, что обеспечивает возврат кислорода через связанные формы азота (NO_2 , NO_3). В зависимости от продолжительности денитрификации можно восстановить до 63 % кислорода (т. е. электроэнергии!), потраченного на нитрификацию. Также некоторая часть кислорода, потраченная на нитрификацию, восстанавливается в аноксидной зоне вначале аэротенка при денитрификации возвратного активного ила.

Реализация *технических решений* по оптимизации энергопотребления заключается в замене аэрационной системы. В аэротенках №№ 1, 2 Брестских очистных сооружений канализации зоны нитрификации оборудованы системой аэрации в комплекте с дисковыми мембранными аэраторами Sanitaire Silver Series II тип WE-Silver 9'' (рисунок 2а). Данные аэраторы подходят для систем, требующих высокую эффективность аэрации и низкие операционные затраты, с высокой плотностью покрытия донной зоны с низкими уровнями потока. Дисковые мембранные аэраторы практически не подвержены биообрастанию, обладают наилучшей способностью к управлению, в значительно меньшей степени кальматируются [4]. Для достижения большего энергосберегающего эффекта раскладка аэрационных элементов была выполнена по принципу 100 %-ного покрытия днища аэротенка (рисунок 2б).



а – аэратор Sanitaire Silver Series II тип WE-Silver 9'' ; б – раскладка аэрационных элементов
Рисунок 2 – Аэрационная система Брестских очистных сооружений канализации

К *техническим решениям* относится также замена воздуходувок. В настоящее время для подачи воздуха в аэротенки применяют два типа одноступенчатых центробежных высокопроизводительных воздуходувок со встроенным редуктором: воздуходувка SIEMENS-HOWDEN KA22SV-GL225 мощностью 355 кВт производительностью 17000 м³/час воздуха – 1 шт. и воздуходувки марки HV-TURBO KA22 SV мощностью 308 кВт производительностью 17000 м³/час воздуха – 4 шт.

Воздуходувки могут работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. В автоматическом режиме эксплуатация групп воздуходувок регулируется по давлению в воздушном коллекторе и расходам подачи воздуха в различные секции аэротенков, что приводит к снижению расхода энергии.

Управление воздуходувками тесно связано с внедрением *оптимизационных решений*: оснащение сооружений приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод. Выбор контрольно-измерительных приборов следует осуществлять с учетом специфики технологического процесса на сооружениях биологической очистки сточных вод.

Для регулирования расхода воздуха, подаваемого в реконструируемые аэротенки №№ 1, 2, выполнена установка на системе воздухоснабжения тепловых массовых расходомеров воздуха t-mass Proline t-mass B150 HARD и дисковых поворотных межфланцевых затворов с электроприводом AUMA SA и блоком управления AUMA AC 1.02 (рисунок 3). Автоматизация подачи воздуха в аэротенках осуществляется по концентрации растворенного кислорода, измеряемой датчиками растворенного кислорода Oxumax COS61D. В целом, внедрение автоматизированной системы управления оптимизирует процесс очистки и сокращает трудовые ресурсы.



Рисунок 3 – Дисковый поворотный межфланцевый затвор с электроприводом AUMA SA и блоком управления AUMA AC 1.02

Таким образом, реализация на очистных сооружениях всего комплекса мероприятий – технологических, технических и оптимизационных – позволяет достигнуть улучшения эффективности очистки сточных вод за счет повышения

качества аэрации, снижения затрат на обслуживание и эксплуатацию системы благодаря использованию более эффективного оборудования, осуществления процесс очистки сточных вод с максимальным энергосбережением.

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. // Энергосвет. – 2013. – № 1. – С. 32–43.
3. Акулич, Т. И. Эффективность схем биологического удаления фосфора и нитриденитрификации на действующих аэротенках / Т. И. Акулич, С. В. Андреюк, А. И. Морозова // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф., Краснодар : КубГАУ, 2021. – С. 422–425.
4. Кузьмич, Д. А. Обзор современных пневматических аэраторов / Д. А. Кузьмич, Е. С. Ильеня // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения : сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол. : А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. : А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2024. – С. 61–64.

УДК 697.7

Мороз М. О., Терещук М. Н.

Научный руководитель: к. т. н., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Новосельцев В. Г.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА, ПРОИЗВОДИМОГО МАЙНИНГОВЫМИ ФЕРМАМИ

Майнинг (от англ. mining) в контексте криптовалют является процессом, суть которого заключается в решении сложных математических задач для подтверждения и записи транзакций в блокчейне, а также в создании новых блоков криптовалюты. Этот процесс выполняется специальными вычислительными устройствами (ASIC-майнерами для биткоина, GPU для некоторых других криптовалют), которые решают криптографические задачи, необходимые для обеспечения безопасности и стабильности сети.

Майнинг является важным элементом криптовалютных сетей, поскольку он обеспечивает безопасность и децентрализацию системы. Однако процесс майнинга также связан с высоким энергопотреблением и тепловыделением, особенно в случае майнинг-ферм, где сотни и тысячи устройств работают параллельно для решения задач. В связи с этим вопросами утилизации тепловой энергии, выделяемой в процессе майнинга, все чаще становятся предметом исследований и разработок.

Майнинг-фермы, используемые для добычи криптовалюты, стали значительным потребителем электроэнергии и источником тепловой энергии. В связи с этим возникает необходимость в поиске эффективных методов утилизации этой тепловой энергии. В данной работе мы сосредоточимся на моделировании системы автономной теплофикации, которая использует тепловую энергию, выделяемую майнинг-фермами, в качестве источника тепла для различных целей.