



International Conference on Modern Science and Scientific Studies

Hosted online from Madrid, Spain

Website: econfséries.com

20th April, 2025

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЁТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АЭРАЦИИ НА СООРУЖЕНИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Тимиров Хусен Нусратилло угли

Бухарский инженерно-технологический институт Аспирант

xusenboy6110341@gmail.com

Номер телефона (+99897 853-30-30)

Аннотация:

В работе рассматривается охват автоматического управления системами непрерывной аэрации на сооружениях очистки сточных вод. Особое внимание в исследовании уделяется определению и управлению концентрацией растворённого кислорода, а также системам удаления азота. Описаны методы управления аэробным объёмом с акцентом на сооружения, оснащённые соответствующими системами. Исследование охватывает эволюцию подходов — от традиционных методов управления, изучаемых с 1970-х годов, до современных продвинутых методов, таких как прогнозное и оптимальное управление, основанное на моделировании.

Ключевые слова: Активный ил, Аэрация (насыщение воздухом), Управление растворённым кислородом, Очистка сточных вод, Концентрация, Аэротенк, Система.

Если обратить внимание на страны мира, можно заметить, что в области очистки сточных вод и обеспечения населения чистой водой существует ряд проблем. Одной из наиболее актуальных является нехватка электроэнергии, которая мешает как эффективной очистке сточных вод, так и обеспечению населения питьевой водой. В частности, в 40% стран сточные воды не очищаются и не перерабатываются повторно. Согласно исследовательскому проекту WaterAid, 60% населения мира уже проживает в регионах, где водоснабжение не может удовлетворить спрос или в скором времени может прекратиться. Водный кризис наиболее остро ощущается на Ближнем

International Conference on Modern Science and Scientific Studies

Hosted online from Madrid, Spain

Website: econfseries.com

20th April, 2025

Востоке, в Центральной Азии и Северной Африке. Следует отметить, что в развивающихся странах с быстрорастущим населением спрос на чистую воду продолжает увеличиваться.

С целью предотвращения этих явлений необходимо уделить особое внимание сооружениям очистки сточных вод, что позволит внести значительный вклад в решение проблемы и сократить объёмы электроэнергии, затрачиваемой на очистку. Основными потребителями энергии на таких сооружениях являются компрессоры, которые потребляют до 65% всей выделенной предприятию электроэнергии. Как правило, эти затраты приходятся на процесс аэрации, где для очистки поступающих сточных вод в аэротенке активному илу непрерывно подаётся электроэнергия.

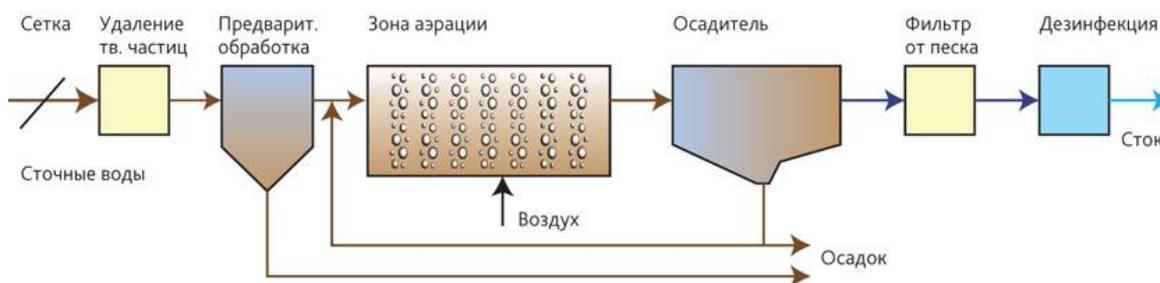


Рис 1. Очистные сооружения сточных вод представлены.

На сооружениях очистки сточных вод основными потребителями энергии являются компрессоры, которые в большинстве случаев оснащаются асинхронными электроприводами высокого напряжения. Такие электроприводы, как правило, изначально проектируются как неуправляемые, что не позволяет изменять производительность компрессоров в зависимости от потребностей производства. В результате наблюдается избыточное потребление электроэнергии, которое в некоторых случаях может достигать 30%. Снижение необоснованного расхода электроэнергии возможно за счёт управления производительностью вентиляторов в соответствии с реальными потребностями производства. В целом, существуют следующие методы управления общей производительностью станции воздуходувок:

- Изменение сопротивления сети с помощью запорной арматуры, установленной на напорной стороне вентилятора — способ дросселирования (удушения);
- Изменение скорости вращения вентиляторов — частотное управление (то есть с помощью частотного преобразователя);
- Изменение количества работающих вентиляторов — управление методом «пуск-стоп» (то есть поочерёдное включение и выключение вентиляторов);
- Изменение угла лопастей направляющего аппарата на входе вентилятора;
- Совместное применение двух различных методов управления — комбинированное управление.
-

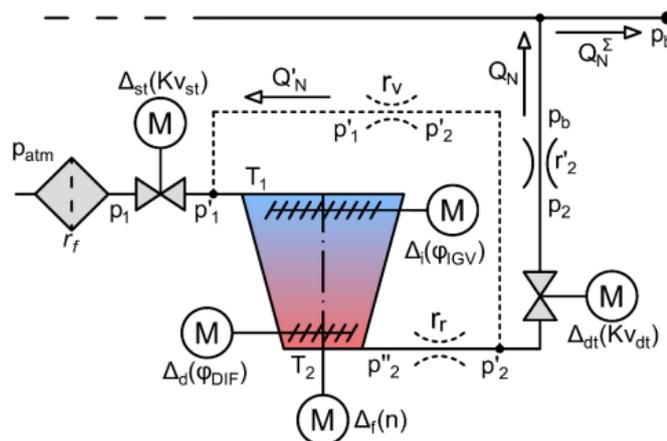


Рис 2. Расчётная схема компрессорного агрегата.

Для каждого управляющего воздействия вводится его количественная мера. Такие величины называются «уровнями управления». Учитывая вышеупомянутые методы управления, применение комбинированного подхода с использованием двух различных методов позволяет достичь экономии энергии на уровне 8–10%. Были рассмотрены давления, подаваемые на 3 компрессора и 3 азотенка. Эффективность функционирования систем управления во многом зависит от достоверности информации о характеристиках управляемых объектов и процессов.

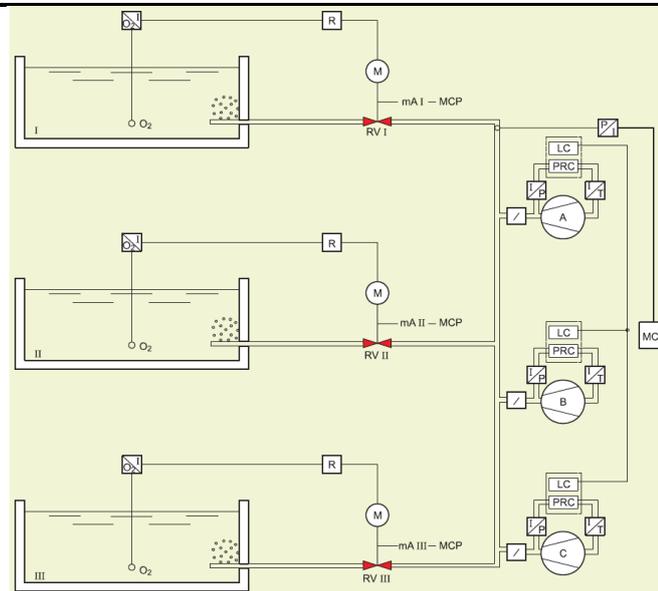


Рис 3. Схема автоматического управления подачей воздуха в аэротенк
Здесь обозначены следующие элементы:

R – управляющее устройство; O₂/I – датчик содержания кислорода; RV – устройство открытия/закрытия потока; M – мотор, отвечающий за открытие и закрытие; P/I – датчик давления в трубопроводе; LC – панель управления; PRC – управление углом поворота лопастей; I/P – сигнал от датчика давления; I/T – сигнал от датчика температуры; MCP – центральная панель управления; A, B, C – компрессоры подачи воздуха.

В условиях автоматического управления, через программируемые логические контроллеры (PLC), в расчетных блоках "Управление компрессорами" и "Управление регулирующей арматурой (клапанами)" применяются алгоритмы управления на основе PID (пропорционально-интегрально-дифференциального) регулятора. Также программная реализация PID-регулятора в комплексной математической модели (биологической очистки сточных вод) соответствует структуре PID-регулятора в промышленном PLC, что облегчает внедрение разработанных алгоритмов управления в практическое производство. В рамках данной статьи разработана двухконтурная система управления для автоматического управления процессом подачи воздуха в аэротенки очистных сооружений сточных вод:

контур управления компрессорами и контур управления регулирующей арматурой. Контур управления компрессорами использует сигнал давления в общем трубопроводе группы компрессорных агрегатов в качестве обратной связи. Управляющий сигнал в контуре является одним из пяти возможных методов управления компрессорными агрегатами (одноконтурное управление) или двумя методами (двухконтурное управление), как показано на рисунке 3.

Большие колебания в поступлении сточных вод в зависимости от времени суток и сезона, а также изменения температуры воздуха, требуют корректировки подачи воздуха для аэрации в зависимости от ситуации в процессе.

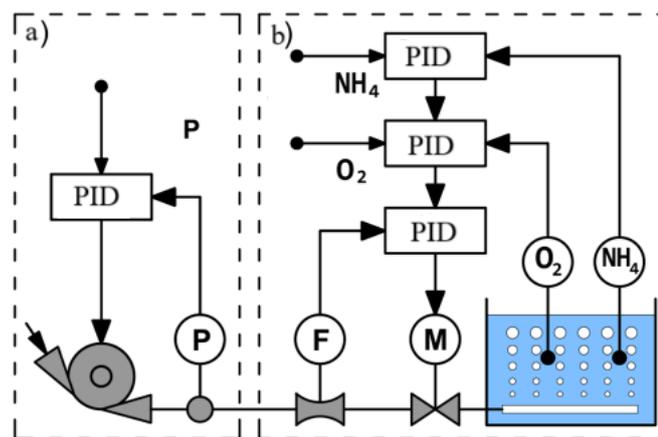


Рис 4. Структурная схема PID управления компрессорами.

Регулятор арматуры управляется через контур с обратной связью, используя сигнал датчика химического потребления кислорода в аэрационном танке и расходомера, установленного на выходной части главной воздушной трубы (см. рисунок 3.11). Сигнал с сенсора аммонийного азота может использоваться как дополнительная обратная связь, и этот сенсор устанавливается в аэрационном танке. Это позволяет управлять режимом кислорода с учетом процессов окисления органических веществ и нитрификации. Установив такую обратную связь, можно достичь энергосбережения до 12-15% за счет управления компрессорами, которые являются крупнейшими потребителями электроэнергии в процессе очистки сточных вод, а также достичь улучшения показателя рН сточных вод. Кроме того, использование оптического

International Conference on Modern Science and Scientific Studies

Hosted online from Madrid, Spain

Website: econfséries.com

20th April, 2025

кислородного датчика для управления аэраторами в очистных сооружениях сточных вод с применением PID-регулирования позволяет также снизить энергозатраты. Использование оптического кислородного датчика играет важную роль в автоматическом управлении процессом аэрации, контролируя подачу воздуха на основе получаемых данных. При использовании устройства Endress+Hauser COS61D для измерения концентрации кислорода в аэрационном процессе сточных вод, данное устройство имеет ряд преимуществ. Endress+Hauser COS61D — это современный оптический датчик, предназначенный для определения растворенного кислорода (DO — dissolved oxygen).



Рис 4. Endress+Hauser COS61D.

Датчик работает на основе люминесцентной технологии и в основном применяется в водоочистке, производстве питьевой воды и аквакультуре.

Использованные источники

1. Б е р е з и н С. Е. Управление воздуходувками – действенная мера энергосбережения в инфраструктуре водоотведения // Водоснабжение и сан. техника. 2012. № 3.
2. Л е з н о в Б. С. Энергосбережение в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006.
3. Maxmudov, Maxsud; Nurov, Siroj; Qo'zиеv, Zafar; and Sidiqov, Sanjar (2021) "Review and analysis of methods for measuring concentration of suspended



International Conference on Modern Science and Scientific Studies

Hosted online from Madrid, Spain

Website: econfseries.com

20th April, 2025

substances and active sludge during biological treatment of waste water," Scientific-technical journal: Vol. 4 : Iss. 3 , Article 4. Pages:21-46.

4. Способы очистки сточных вод от загрязнения - защита гидросферы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ecology-portal.ru/publ/12-1-0-389.html>

5. Егорова Ю.А., Ракицкий Д.С., Левин Д.И., Гордеев С.А., Нагорный С.Л., Баженов В.И., Петров В.И., Устюжанин А.В. Регулирующая арматура в управляемых процессах пневматической аэрации // Водоснабжение и санитарная техника 2016. № 10. С. 44-53.

6. Баженов В.И., Устюжанин А.В. Оценка долгосрочных инвестиционных проектов с энергоэффективными решениями на основе показателя затраты жизненного цикла // Вестник МГСУ №9, 2015. С. 146 – 157.