

УДК 628.33

Т.В. Найденова, Р.В. Юрченко

Донецкий национальный технический университет, г.Донецк

Кафедра автоматики и телекоммуникаций

E-mail: tana08naydyenova@rambler.ru, audiohead@bigmir.net**АТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ
СВОЙСТВ ИЛА В АЭРОТЕНКАХ****Аннотация**

Найденова Т.В., Юрченко Р.В. Автоматизация контроля седиментационных свойств ила в аэротенке. Выполнен анализ технологического процесса биологической очистки сточных вод как объекта управления. Выполнен анализ имеющихся методов косвенного измерения седиментационных свойств ила. Выделен комплекс контролируемых параметров технологического процесса очистки сточных вод. Разработана эффективная модель системы автоматического контроля седиментационных свойств ила в аэротенках.

Ключевые слова: аэротенк, биохимическая водоочистка, седиментационные свойства, активный ил, иловый индекс, доза ила.

Общая постановка проблемы.

Загрязнение воды в настоящее время - это проблема номер один во всем мире, так как вода одна из самых главных составляющих всего человечества. Таким образом актуальной является задача обеспечения эффективной работы системы очистки сточных вод. Построение эффективной системы автоматического управления невозможно без глубокого исследования характеристик и процессов, протекающих в объекте управления. На очистных сооружениях биологической очистки осуществляются последовательные многостадийные технологические процессы удаления загрязняющих веществ со сточных вод и обработки осадка. Удовлетворительное качество очистки сточных вод может поддерживаться за счет обеспечения эффективной работы каждой цепи системы, особенно на стадии биологической очистки.

Биологическая очистка сточных вод происходит в аэротенках. Процесс биологической очистки загрязняющих веществ в аэротенках происходит при непосредственном контакте сточных вод с оптимальным количеством организмов активного ила, в присутствии соответствующего количества растворенного кислорода с последующим отделением активного ила от очищенной воды во вторичных отстойниках. Активный ил - искусственно выращенный биоценоз при аэрации антропогенно загрязненных вод, населенный гелепродуцирующими бактериями гетеротрофами, хемотрофи, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате биосорбции, биохимического окисления, выпадения бактерий и простейших [1].

Необходимым условием обеспечения удовлетворительного качества работы аэротенков является наличие достоверной информации о седиментационных свойствах ила.

Отсутствие данной информации влечет за собой:

- неудовлетворительный режим эксплуатации системы (отклонение от требуемых значений факторов, определяющих удовлетворительную работу аэротенков);
- низкое качество процесса очистки воды;
- дополнительные неоправданные экономические затраты.

При помощи системы автоматического контроля седиментационных свойств ила необходимо добиться повышения качества регулирования параметров системы при обеспечении необходимого качества процесса биологической очистки сточных вод.

В первую очередь необходима автоматическая система для сбора данных о состоянии процесса очистки воды. На основе анализа этих данных должно приниматься решение о регулировании дозы ила, подаваемой в аэротенк, путем управления задвижкой на илоподающей трубе.

Таким образом, цель данных исследований заключается в повышении эффективности функционирования системы очистки сточных вод за счет автоматизации процессов контроля параметров седиментационных свойств ила в аэротенках.

Для разработки системы автоматического контроля седиментационных свойств ила необходимо решить следующие задачи:

- 1) выполнить анализ технологического процесса биохимической водоочистки как объекта управления на примере очистных сооружений г. Донецка;
- 2) определить комплекс контролируемых параметров технологического процесса очистки сточных вод;
- 3) определить математические зависимости, которые составляют основу для разработки алгоритма функционирования системы автоматического контроля седиментационных свойств ила;
- 4) разработать структуру системы автоматического контроля технологических параметров процесса очистки сточных вод.

Решение задач.

Наиболее важными факторами, влияющими на развитие и жизнеспособность активного ила, а также качество биологической очистки, являются: температура, наличие питательных веществ, содержание растворенного кислорода в иловой смеси, значение рН, присутствие токсинов. Некоторые из этих факторов можно измерить при помощи измерительных приборов: для измерения температуры очищаемых сточных вод используется датчик температуры, для измерения величины концентрации водородных ионов используется рН метр, для измерения содержания растворенного кислорода в иловой смеси используется датчик кислорода.

Удовлетворительная работа аэротенков в значительной степени определяется также технологическим режимом эксплуатации, где основное значение имеют: оптимальное соотношение между концентрацией загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, и рабочей дозой активного ила по массе (при уменьшении дозы ила возникает эффект повышения нагрузки и снижение качества очистки, при увеличении дозы затрудняется эффективное разделение ила и очищенной воды во вторичных отстойниках); необходимое время контакта загрязненных сточных вод с активным илом; достаточная аэробность системы.

Время контакта активного ила с загрязненными сточными водами определяется таким технологическим параметром как период аэрации, который вычисляется по формуле:

$$T = \frac{W}{q}, \quad (1)$$

где T - период аэрации, W - объем аэрируемых сооружений, q - часовой расход сточных вод.

Период аэрации обратно пропорционален интенсивности аэрации (чем больше период, тем меньше интенсивность аэрации):

$$J = \frac{D_{\text{лм}^3} H}{T}, \quad (2)$$

где H - глубина аэротенков; T - период аэрации; $D_{\text{лм}^3}$ - расход воздуха на лм^3 сточных вод.

Интенсивность аэрации должна быть достаточной для обеспечения как процесса насыщения иловой смеси растворенным кислородом, так и процесса ее перемешивания.

Эти два фактора (период аэрации и интенсивность аэрации) взаимосвязаны, а иловый индекс необходимо измерять экспериментально.

Иловой индекс — это объем 1 грамма сухого ила занимаемый им за 30 мин отстаивания в 1 дм^3 цилиндра. Это наиболее важный показатель седиментационных свойства ила.

Экспериментально установлено, что иловый индекс зависит от концентрации ила (дозы ила) [2].

Доза ила рассчитывается следующим образом:

$$a_{cp} = \frac{W_1 \cdot a_1 + W_2 \cdot a_2 + W_3 \cdot a_3}{W_1 + W_2 + W_3} \quad (3)$$

где W_1, W_2, W_3 - объемы коридоров аэротенков и регенераторов, м^3 ; a_1, a_2, a_3 - доза активного ила в каждом коридоре, г/дм^3 .

При ухудшении способности ила к седиментации, иловый индекс возрастает, разделение ила и очищенной воды нарушается, что приводит к избыточному выносу взвешенных веществ из вторичных отстойников. Значение илового индекса прямо пропорционально объему ила, который необходимо возвращать в регенераторы. Поскольку при возрастании удельной нагрузки на ил ухудшаются его седиментационные свойства, вплоть до вспухания ила, а также увеличивается вынос ила из вторичных отстойников, т.е. увеличиваются потери ила, необходимо возвращать в систему максимальное количество ила.

Для каждого очистного сооружения этот показатель индивидуален и определяется степенью рециркуляции:

$$R = \frac{a_{cp}}{\frac{1000}{I} - a_{cp}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где R - рециркуляционное отношение возвратного ила к расходу очищаемых сточных вод; I - иловый индекс (определяется в пробе, отобранной в конце зоны аэрации), $\text{см}^3/\text{г}$.

В формуле (4) коэффициент 1000 используется для перевода кубических дециметров в кубические сантиметры и имеет размерность $\text{см}^3/\text{дм}^3$, a_{cp} - средняя доза ила, г/дм^3 , которая вычисляется с учетом дозы по массе ила во всех коридорах аэротенков и генераторов [3].

Иловой индекс I ($\text{см}^3/\text{г}$) рассчитывается методом деления значений дозы ила по объему V , $\text{см}^3/\text{дм}^3$ на количественные значения дозы ила по массе a , г/дм^3 :

$$I = \frac{V}{a} \quad (5)$$

Поддержание меньшего процента рециркуляции ила на сооружениях, приводит к переуплотнению ила во вторичных отстойниках, его загнивать, а также возрастанию удельной нагрузки за счет низкой концентрации ила в аэротенках. При поддержании большого процента рециркуляции – повышается расход энергии на перекачку ила, а ил во вторичных отстойниках будет недоуплотнен. В обоих случаях повышается вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников и ухудшается качество очистки сточных вод.

Хорошо оседающий активный ил осаждается быстро с образованием зоны осветления (скорость осаждения 1 м в час и более) плавно, хорошо уплотняясь, не занимая большого объема после окончательного уплотнения и не всплывая после осаждения в течение 1,0-1,5 часов [4].

Автоматическое управление параметрами, влияющими на седиментационные свойства ила, должно поддерживаться на таком уровне, чтобы седиментационная кривая выглядела, как показано на рис.1

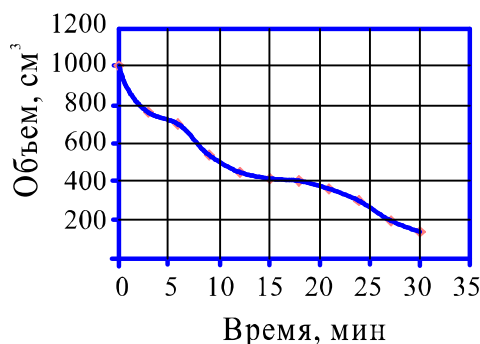


Рисунок 1 - Осаждаемость активного ила с удовлетворительными седиментационными характеристиками.

Поэтому, одно из основных требований к иловому индексу – стабильность его значений, которая указывает на удовлетворительные условия жизнедеятельности ила и удовлетворительный режим эксплуатации сооружений (оптимальное количество ила удаляется из системы и поддерживается нормальная доза активного ила).

Для определения объема и индекса ила используется лабораторный метод. Метод осуществляется в несколько этапов. На первом этапе производится взятие пробы иловой жидкости объемом 1 дм³ из аэротенка. Затем в лаборатории в течении 30 мин проба отстаивается. Характеристикой хороших седиментационных свойств ила является плавность и равномерность осаждения ила, которые определяются по результатам наблюдений за осаждением ила снимаемыми каждые 3 минуты. После чего определяется доза ила по объему – объем, занимаемый илом в 1 дм³ иловой жидкости после 30 минут отстаивания.

На втором этапе из отстоянной пробы откачивается вся жидкость, а из оставшегося активного ила с помощью специальной сушильной камеры испаряется вся влага. После чего методом взвешивания сухого остатка определяется значение дозы ила по массе.

Данный метод является полностью ручным и выполняется лаборантом, трудоемким и значительно снижает быстродействие системы, а также теряется смысл и преимущества системы автоматического управления.

Использование лабораторного метода ухудшает точность процесса контроля седиментационных характеристик ила т.к. метод не обеспечивает высокую точность измерения без нарушения пробы, помех при отборе, транспортировке пробы, определение кривой седиментации и прочих операциях, а также значительно уменьшает быстродействие системы.

Использование датчика индекса ила, функционирующего на основе оптического метода, приводит к более точному определению илового индекса в аэротенках. Погруженный в аэротенк датчик определяет индекс ила при оптическом контроле его уровня в процессе осаждения.

Датчик состоит из измерительного устройства и контроллера Multi Unit Volitax.

Измерительное устройство представляет собой седиментационный сосуд из светонепроницаемого стекла, который имеет впускно-выпускной клапан и расширение в области основания. Широкий диаметр дна седиментационного сосуда позволяет беспрепятственно оседать хлопьям активного ила, даже при больших его объемах и без разбавления. В центре седиментационного сосуда по всей его длине расположены светочувствительные элементы, а в верхней части сосуда расположены светоизлучатели.

Контроллер Multi Unit Volitax представляет собой моноблок с графическим дисплеем для вывода данных и графического представления процесса осаждения, клавишами управления и портами ввода/вывода.

Структурная схема датчика приведена на рис. 2.

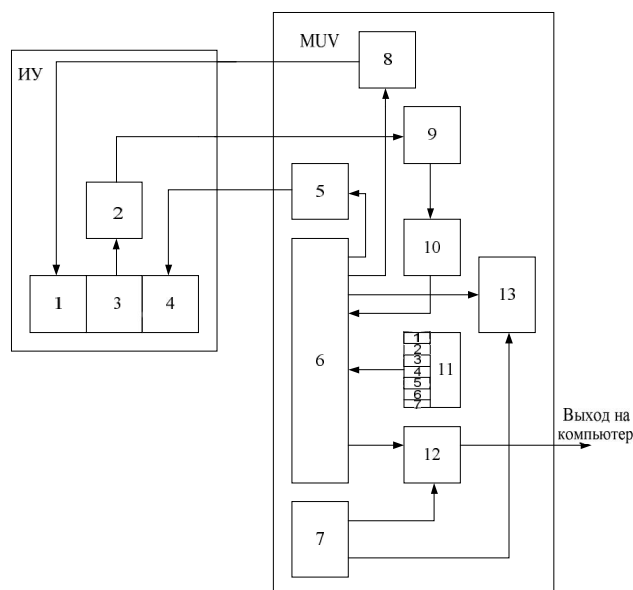


Рисунок 2 – Структурная схема датчика Volitax.

1-излучатель световых импульсов; 2-предварительный усилитель; 3-преобразователь световых импульсов в токовые; 4-электропривод впускно-выпускного клапана; 5-преобразователь код-ток впускно-выпускного клапана; 6-контроллер; 7-блок питания; 8-генератор световых импульсов; 9-усилитель-формирователь информационных сигналов; 10-преобразователь ток-код информационных сигналов; 11-блок кнопок; 12-узел интерфейса; 13-дисплей. ИУ-измерительное устройство. MUV-контроллер Multi Unit Volitax.

Одним из основных элементов датчика является микроконтроллер 6. Алгоритм функционирования датчика записывается в его внутреннюю память при изготовлении. В программе реализованы функции управления отдельными узлами прибора и вычисления илового индекса и дозы ила по объему, в зависимости от уровня распространения световых волн. По сигналу контроллера 6 через преобразователь «код-ток» 5 и электропривод 4 открывается впускно-выпускной клапан на время необходимое для заполнения седиментационного сосуда иловой жидкостью. После заполнения требуемого объема (750 мл), клапан закрывается и производится отстаивание пробы в течении 30 мин. В ходе процесса осаждения ила образовывается зона осветления. По сигналу контроллера 6 запускается генератор световых импульсов 8. Генератор световых импульсов 8 формирует световые импульсы с определенной частотой повторения. С помощью светоизлучателей 1 зона осветления просвечивается световыми волнами. Интенсивность распространения световых волн в пробе фиксируется фоточувствительными элементами, расположенными по всей длине седиментационного сосуда. После преобразования зафиксированных световых импульсов в токовые преобразователем 3 сигналы усиливаются предварительным усилителем 2 и по соединительному кабелю подаются на вход усилителя-формирователя информационных сигналов 9. С выхода усилителя сигналы через преобразователь «код-ток» поступают на микроконтроллер 6, который производит построение кривой седиментации, расчет дозы ила по объему и индекса ила. По полученным данным на графическом дисплее

13 строится кривая седиментации, на основе которой судят об удовлетворительности седиментационных характеристик ила.

На рис. 3 приведены сравнительные характеристики лабораторного и оптического методов.

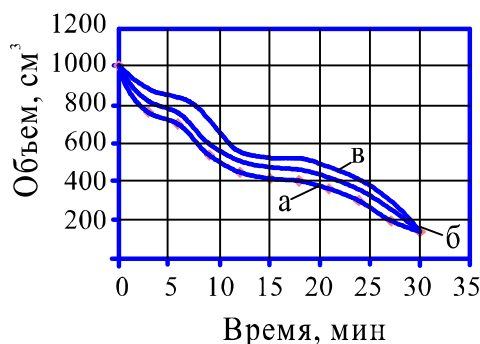


Рисунок 3 – Сравнительные седиментационные характеристики: а) идеальная модель, б) оптическим методом, в) лабораторным методом

Из представленного графика видно, что оптический метод является более точным. Это обусловлено тем, что снятие данных и построение седиментационной кривой происходит автоматически, что значительно уменьшает вероятность ошибки. Использование оптического метода позволяет разработать систему автоматического контроля седиментационных свойств ила.

Структура системы автоматического контроля технологических параметров представлена на рис. 4.

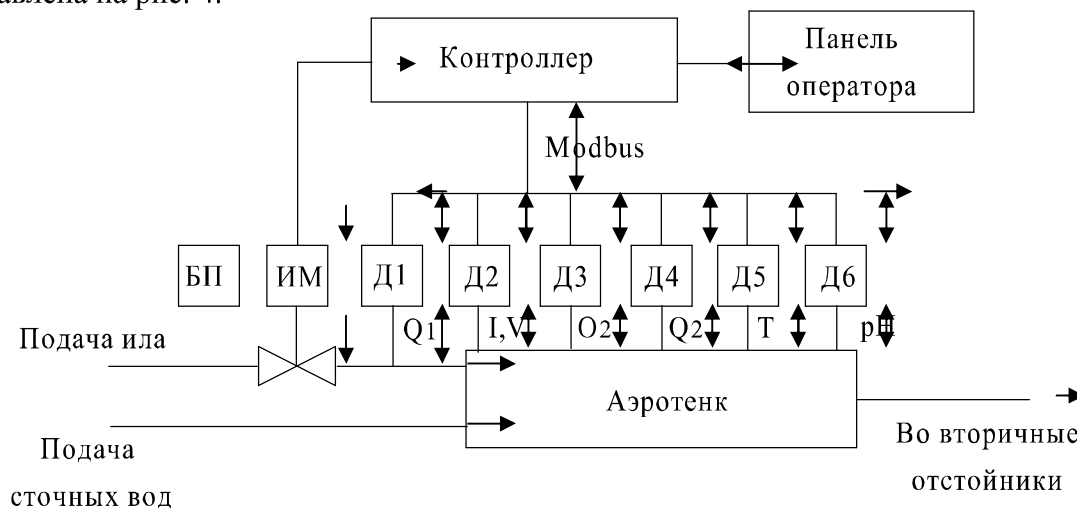


Рисунок 4 – Структурная схема системы контроля седиментационных свойств ила.

Данная система позволяет производить непрерывный мониторинг параметров ила в аэротенках, своевременно реагировать на их изменение, вырабатывать требуемые управляющие воздействия и поддерживать регулируемые параметры на заданном уровне, тем самым, повышая быстродействие системы и улучшая качество процесса очистки сточных вод.

Выводы.

1. На основании анализа технологического процесса очистки сточных вод в аэротенке определены необходимые контролируемые параметры для автоматического управления данным сложным объектом.

2. Показано, что существующий лабораторный способ оценки седиментационных свойств активного ила является высокзатратным и малоэффективным, так как не позволяет своевременно реагировать на изменения в состоянии технологического процесса.

3. Установлено, что основным показателем, характеризующим седиментационные свойства ила, является иловый индекс.

4. Полученные математические зависимости, связывающие иловый индекс с основными технологическими параметрами процесса биохимической водоочистки, являются основой для разработки системы автоматического контроля седиментационных свойств ила.

5. Предложен новый способ автоматического контроля седиментационных свойств активного ила с использованием специализированного оптического датчика.

Литература

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. - М.: АКВАРОС, 2003. - 95с.

2. Гюнтер Л.И. Применение биохимических характеристик активного ила для контроля и анализа работы аэротенков / Л.И. Гюнтер, Л.Ф. Юдина. - М.: Стройиздат, 1973. - С. 7-11.

3. Федюн Р.В. Принципы построения динамической модели процесса биохимической водоочистки / Р.В. Федюн, В.О. Попов, Т.В. Найденова // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». - 2010 – Вип. 18 (169). - С. 172-179.

4. Болотина О.Т. Состав и свойства активного ила в условиях регенерации / О.Т. Болотина // Водоснабжение и санитарная техника. – 1960. - №10. - С. 15.

5. Богомол Г.М. Некоторые особенности эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод / Г.М. Богомол. – М.: Бумажная промышленность, 1996. – 76с.

Надійшла до редакції:
10.03.2011

Рекомендовано до друку:
д-р техн. наук, проф. Скобцов Ю.О.

Abstract

Naydyenova T.V., Yurchenko R.V. Automating the control of the sedimentation properties of the sludge in the aeration tank. The analysis of the process of biological sewage treatment as a control object. The analysis of the available methods of indirect measurement of the sedimentation properties of the sludge. Selected set of controlled process parameters of wastewater treatment. An effective model of the automatic control of the sedimentation properties of the sludge in the aeration tanks.

Key words: aeration, biochemical water treatment, sedimentation properties, activated sludge, sludge index, the dose of sludge.

Анотація

Найдюнова Т.В., Юрченко Р.В. Автоматизація контролю седиментаційних властивостей мулу в аеротенку. Виконано аналіз технологічного процесу біологічного очищення стічних вод як об'єкта управління. Виконано аналіз існуючих методів непрямого вимірювання седиментаційних властивостей мулу. Виділено комплекс контрольованих параметрів технологічного процесу очищення стічних вод. Розроблено ефективну модель системи автоматичного контролю седиментаційних властивостей мулу в аеротенках.

Ключові слова: аеротенк, біохімічне водоочищення, седиментаційні властивості, активний мул, муловий індекс, доза мулу.

© Найденова Т.В., Юрченко Р.В., 2011