

В качестве регулятора использовались: обычный ПИ-регулятор, регуляторы дробного порядка $\text{ПИ}^{0,5}$, $\text{ПИ}^{0,65}$, $\text{ПИ}^{0,75}$, $\text{ПИ}^{0,95}$ с соответствующими передаточными функциями:

$$R(p) = -k_p \left(1 + \frac{1}{T_u p^\alpha} \right)$$

где α – дробный показатель степени (0,5; 0,65; 0,75; 0,95);

k_p – настройки пропорциональной составляющей регулятора;

T_u – настройка интегральной составляющей регулятора.

В результате численного моделирования были построены кривые равной колебательности для систем с регуляторами $\text{ПИ}^{0,5}$, $\text{ПИ}^{0,65}$, $\text{ПИ}^{0,75}$, $\text{ПИ}^{0,95}$ (см. рисунок 1) и соответствующие кривые разгона (рисунок 2), найдены оптимальные настройки ПИ-регулятора для различных степеней дробной производной по модульному интегральному критерию.

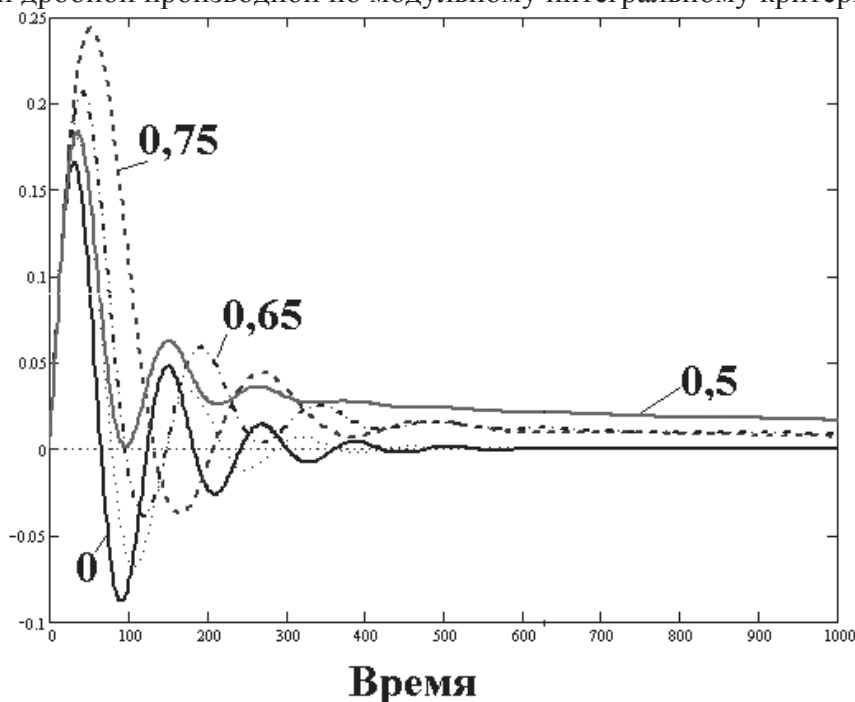


Рисунок 2. Кривые разгона

В результате получено, что при использовании ПИ-регуляторов дробного порядка с объектом целого порядка можно получить больший запас устойчивости, чем с обычным ПИ-регулятором, но при этом неизбежно появление статической ошибки.

Литература

1. Васильев В.В., Симак Л.А. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем. - Киев, НАН Украины, 2008. — 256 с.

Изучение процессов снижения содержания азота и фосфора при биологической очистке сточных вод

к.т.н. доц. Поляков А.Н., Смирнова А.С., Щелканова О.Н., Киселева А.С.
 Университет машиностроения
 nauka@msuie.ru

Аннотация. Исследованы протекающие при очистке сточных вод процессы,

даны оценки времени снижения концентраций фосфатов, аммонийного азота, нитритов и нитратов в очищенном стоке до нормативных значений.

Ключевые слова: метантенки, очистка сточных вод, аэротенки.

На основе анализа литературных данных о механизме процессов нитрификации, денитрификации и дефосфатации при очистке сточных вод отмечено, что существенное снижение содержания соединений азота и фосфора в очищенной воде может быть достигнуто в коридорных аэротенках, после их модернизации, заключающейся в использовании части объема зоны аэрации для создания анаэробных и аноксидных зон, расположенных в определенной последовательности и связанных рециркуляционными потоками иловой смеси. Для обоснования выбора объемов этих зон при модернизации аэротенков необходима оценка продолжительности процессов снижения концентраций фосфатов, аммонийного азота, нитритов и нитратов в очищенном стоке до нормативных значений, что требует экспериментального исследования кинетики этих процессов, протекающих при аэрации и без неё.

Биологическая очистка в типовых коридорных аэротенках, даже в режиме продленной аэрации, не приводит к снижению содержания биогенных элементов в очищенной воде до допустимых уровней при сбросе в природные водоемы. Стремление к решению этой проблемы путем модернизации существующих типовых аэротенков, находящихся в эксплуатации, основано на учете особенностей механизма биологического удаления азота и фосфора и требует проведения экспериментальной оценки скоростей этих процессов.

Известно, что удаления азота из сточной воды связано с чередованием аэробного процесса нитрификации и анаэробного (аноксидного) процесса денитрификации, заканчивающегося образованием газообразного азота и его выходом в атмосферу. Процесс удаления фосфора в аэротенке основан на его выведении с избыточным активным илом при создании благоприятных условий для развития в активном иле гетеротрофных бактерий, склонных к повышенному накоплению фосфора в биомассе (почти в 4-5 раз больше обычного). Это достигается последовательным проведением двух стадий: сначала в анаэробной зоне (со специальной организованной подачей в нее легко окисляемой органики), в которой фосфатаккумулирующие бактерии запасают углерод и высвобождают фосфор, и затем в следующей за ней аэробной (либо аноксидной) зоне, в которой эти бактерии используют запасенный углерод для интенсивного роста, сопровождающегося значительно большим изъятием фосфора из воды и накоплением его в биомассе бактерий.

Осуществление совместных процессов очистки сточных вод и биологического удаления биогенных элементов путем нитрификации-денитрификации и дефосфатации требует создания в аэротенке последовательно расположенных в определенном порядке анаэробных, аноксидных и аэробных зон со специально организованными рециркуляционными потоками активного ила и нитрифицированной воды. Однако имеющиеся сложности, связанные с одновременным проведением этих процессов в одном рабочем объеме модернизированного аэротенка, в том числе необходимостью одновременного обеспечения большого возраста активного ила, оптимального для прохождения нитрификации, и малого возраста, требуемого для удаления фосфора, на практике привело к появлению большого числа вариантов и схем расположения зон, различных конфигураций аэротенков. Несмотря на общие черты наиболее перспективных схем (пятиступенчатого Bardenpho, MUCT, Люберецких очистных сооружений), существующие различия указывают на отсутствие в настоящее время общепринятых окончательных технических решений и на необходимость продолжения исследований. Причем для обоснованного выбора объемов анаэробной, аноксидной зон и зон аэрации при любой конфигурации модернизированного аэротенка требуется знание продолжительности процессов нитрификации, денитрификации и дефосфатации, а это требует экспериментального изучения кинетики данных процессов.

Процесс нитрификации имитировали в емкости объемом 5 л, снабженной мешалкой и

системой аэрации (барботером), заполненной смесью предварительно отобранного из очистных сооружений возвратного активного ила и осветленной сточной воды при интенсивной аэрации и перемешивании. Снижение концентрации аммонийного азота в осветленной воде и фильтрате иловой смеси контролировали фотометрическим методом с реактивом Несслера, концентрацию нитрат-ионов определяли фотометрическим методом с салициловой кислотой. Процесс денитрификации осуществляли в этом же аппарате, прекратив аэрацию, продолжая легкое перемешивание иловой смеси, т.е. в условиях анаэробного режима, при этом контролировали снижение концентрации нитратов. Существенное снижение содержания аммонийного азота в режиме аэрации свидетельствовало о наличии устойчивого процесса нитрификации сточных вод, причем снижение концентрации происходило практически с постоянной скоростью в течение первого часа, а затем замедлялось. Снижение концентрации азота нитратного при переходе к анаэробному режиму свидетельствует о наличии устойчивой денитрификации, продолжительность которой в условиях опыта составляла 60-90 минут.

Аналогичные опыты проводились по изучению выделения фосфора в воду илом в анаэробном режиме и по снижению содержания фосфатов в воде в режиме аэрации, концентрацию фосфат-ионов в пробах определяли фотометрическим методом восстановлением аскорбиновой кислотой.

Полученные экспериментальные кривые изменения концентраций ионов от времени позволяют определить скорости нитрификации и денитрификации, выделения и потребления фосфора для условий проведения процесса, оценить время пребывания в анаэробных, анаэробных и аэробных зонах при заданной степени очистки. Объем первой по ходу анаэробной зоны в модернизированном аэротенке преимущественно определяется продолжительностью выделения фосфора бактериями ила, объем следующей за ней анаэробной зоны продолжительностью денитрификации с учетом значительной величины внутреннего рециркуляционного потока нитрифицированной иловой смеси, объем зоны аэрации определяется суммарной продолжительностью периода аэрации для снижения БПК воды и периода последующей нитрификации.

Система поддержки принятия решений для выбора поставщика в цепи поставок

д.ф-м.н. проф. Бутусов О.Б., Дубин М.Е.
Университет машиностроения
89154047844, dubin.mihail@gmail.com

Аннотация. Разработан нечетко-логический алгоритм и программно-информационное обеспечение системы поддержки принятия решений по рациональному выбору поставщика в цепи поставок с помощью метода анализа иерархий (МАИ) и операций теории нечетких множеств. Функционирование СППР экспериментально проверено на реальных учётно-статистических данных. Результаты вычислительного эксперимента подтвердили эффективность использования предложенного алгоритма для принятия логистических управленческих решений.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, цепь поставок, теория нечётких множеств, метод анализа иерархий.

Введение

При логистическом управлении цепями поставок ответственное лицо, принимающее решения (ЛПР), ежедневно сталкивается со сложной системой взаимозависимых бизнес-процессов, которую нужно проанализировать. Все социально-экономические проблемы имеют альтернативные варианты управленческих решений. Зачастую, выбирая одно решение