

Автоматизация процесса денитрификации при биологической очистке сточных вод

Д.В. Мухетов, М.А. Назаров

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Загрязнение водоемов сточными водами является одной из наиболее актуальных экологических проблем. Азот и фосфор входят в число основных биогенных элементов, содержащихся в сточных водах, которые интенсифицируют так называемый процесс «зацветания» водоемов, что приводит к сокращению численности гидробионтов и гибели рыбы [1]. Денитрификация является одной из стадий удаления биогенных элементов и представляет собой трансформацию нитрата в атмосферный азот под действием анаэробных микроорганизмов. Для его успешного осуществления необходимы контроль и управление множеством параметров в условиях значительной нестационарности характеристик процесса и наличия существенных нелинейностей [2]. Очевидно, что решение такой задачи невозможно без применения современных систем автоматизации, основу алгоритмов работы которых должно составлять математическое описание применяемого денитрификатора с учетом особенностей реализуемого варианта взаимодействия с сопутствующими технологическими установками.

Цель — разработка эффективных методов и средств управления процессом денитрификации в денитрификаторе-смесителе, повышающих эффективность удаления азота из сточных вод.

Методы. Рассмотрим процессы в денитрификаторе-смесителе при использовании технологической схемы биологической очистки сточных вод с предвключенной денитрификацией. Денитрификатор-смеситель представляет собой резервуар, вдоль одной из длинных сторон которого происходит равномерная подача сточных вод, поступающих на очистку, а также рециркуляционных потоков из нитрификатора (нитратный рецикл) и из вторичного отстойника (иловый рецикл). Вдоль противоположной длинной стороны резервуара происходит сбор обработанных стоков для подачи их в нитрификатор. Для поддержания ила во взвешенном состоянии в денитрификаторе устанавливаются необходимое количество мешалок.

На основании анализа технологии выделен объект управления, под которым понимаем процесс денитрификации сточных вод в денитрификаторе-смесителе. Принято, что выходной координатой является концентрация нитратов в денитрификаторе; управляющим воздействием — расход нитратного рецикла; возмущение — концентрация нитратов в потоке нитратного рецикла.

С учетом принятых допущений создано математическое описание процесса денитрификации стоков как объекта управления в виде системы дифференциальных уравнений, на основании которых построена структурная схема математической модели объекта управления, на основании которой построена структурная схема математической модели объекта управления. Проведен ряд вычислительных экспериментов и получены кривые переходных процессов в объекте управления, которые были аппроксимированы набором типовых динамических звеньев.

Результаты. Предложена функциональная схема САУ процессом денитрификации, замкнутой по концентрации нитратов в денитрификаторе. С использованием полученных в результате аппроксимации передаточных функций произведена настройка И-регулятора. Оценка показателей качества работы САУ показала отсутствие статической ошибки, динамический провал составил 0,3 мг/л, время переходного процесса составило 0,83 часа.

Выводы. Создание и внедрение системы автоматического управления процессом денитрификации позволит, в отличие от существующих, повысить эффективность удаления азота из сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды; процесс денитрификации; денитрификатор; математическая модель; объект управления; система автоматического управления.

Список литературы

1. mosvodokanal.ru [Электронный ресурс]. Удаление биогенных элементов [дата обращения: 07.05.2023]. Доступ по: <https://www.mosvodokanal.ru/seweraage/newtechnologies/nutrientsremoval.php>

2. Мешенгиссер Ю.М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод. Москва: ООО «Издательский Дом «Вокруг света», 2012. 211 с.

Сведения об авторах:

Давид Василевич Мухетов — студент, группа М-94, строительно-технологический факультет; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: david.muxetov@mail.ru

Максим Александрович Назаров — научный руководитель, кандидат технических наук; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: nazarovm86@yandex.ru