

*Горносталь С.А., преп., НУГЗУ,  
Кириченко И.К., д-р физ.-мат. наук, проф., УИПА,  
Созник А.П., д-р физ.-мат. наук, проф., НУГЗУ*

## **ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ**

На основе предложенной ранее математической модели биологической очистки сточных вод в аэротенке выполнен сравнительный анализ результатов натуральных измерений и компьютерных расчетов. Показано, что полученная математическая модель позволяет адекватно описать процессы, происходящие в аэротенке.

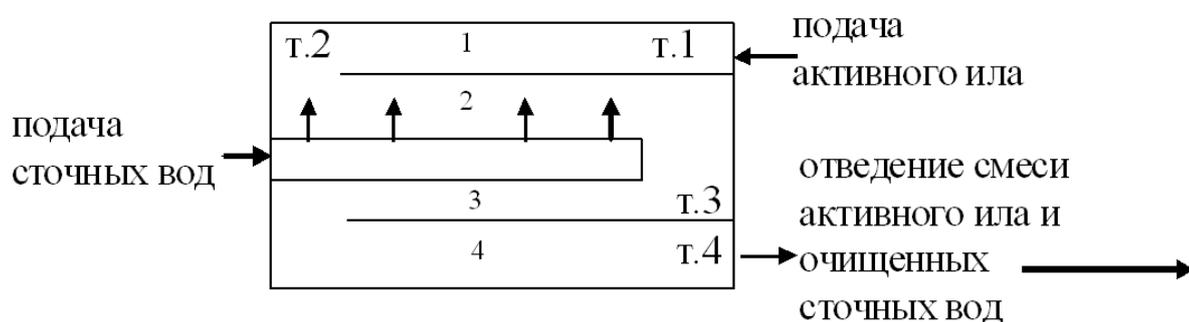
**Ключевые слова:** биологическая очистка, аэротенк, модель

**Постановка проблемы.** В настоящее время важной практической задачей для крупных городских очистных сооружений является вопрос соблюдения норматива предельно допустимого сброса (ПДС) по органическим веществам, значение которого все время ужесточается и величина которого на сегодняшний день составляет около 15 мг/л по БПК<sub>полн</sub> (БПК<sub>полн</sub> — биохимическое потребление кислорода (полное)). Во многих областях Украины значение ПДС по органическим веществам постоянно превышает [1]. Поэтому возникла потребность в новых математических моделях, описывающих процесс биологической очистки городских сточных вод. Это обусловлено, с одной стороны, необходимостью проведения оптимизации работы действующих очистных сооружений, а с другой — необходимостью их реконструкции из-за повсеместного развития технологий нитриденитрификации и биологической дефосфотации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время большое внимание уделяется вопросам выбора оптимального режима работы сооружений, необходимости учитывать особенности протекания процессов в различных условиях [2-4]. Для решения этой задачи и описания процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках используется математическое моделирование. Нами в [5] предложена математическая модель, с

помощью которой можно описать процессы очистки в реальном аэротенке.

**Постановка задачи и ее решение.** Для проверки адекватности предложенной в [5] математической модели процессов биологической очистки, происходящих в четырехкоридорном аэротенке промежуточного типа с регенератором (сосредоточенной подачей активного ила, с рассредоточенной подачей сточных вод), были проведены замеры концентраций БПК<sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода за пять суток), взвешенных веществ, дозы ила в аэротенке № 3 комплекса биологической очистки «Диканевский» г. Харьков в точках 1, 2, 3 и 4 (рис.1).



**Рис. 1 – Схема сечения четырехкоридорного аэротенка с расположением точек отбора проб: 1 – регенератор (первый коридор), 2 – второй коридор, 3 – третий коридор, 4 – четвертый коридор аэротенка**

Точки отбора проб были выбраны согласно физической модели [6] процессов, протекающих в аэротенке:

точка 1 – начало первого коридора (регенератора), начало первой фазы биологической очистки, подача активного ила;

точка 2 – конец первого коридора (регенератора), конец первой фазы биологической очистки, происходит подача первой порции сточных вод;

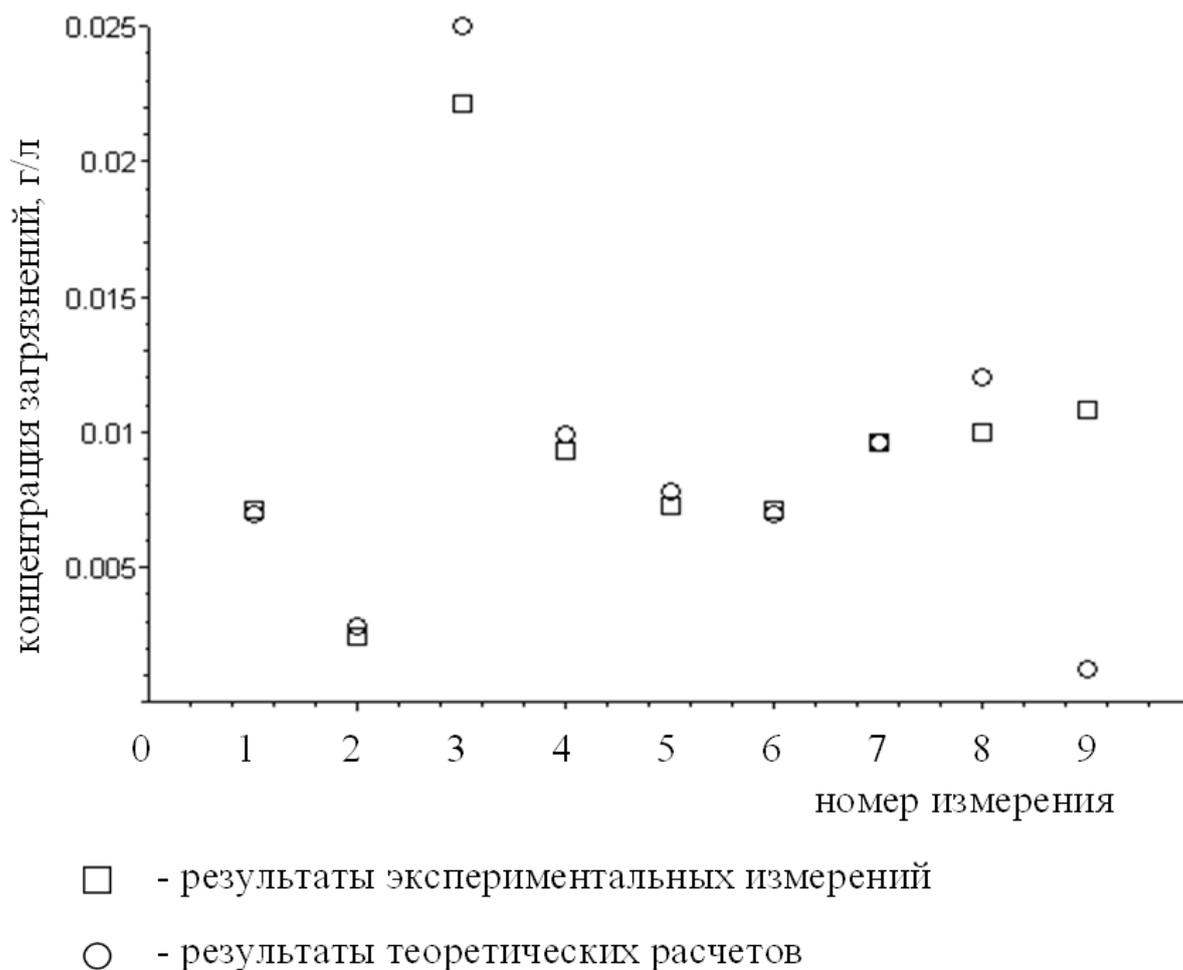
точка 3 – начало третьего коридора аэротенка, конец второй фазы биологической очистки, происходит подача четвертой порции сточных вод;

точка 4 – конец третьей фазы биологической очистки, смесь активного ила, в основном во флокулирующем (хлопьевидном) состоянии, и очищенной воды медленно движется во вторичный отстойник.

Определение БПК<sub>5</sub> производилось стандартным методом с разбавлением по разности содержания кислорода до и после инкубации в стандартных условиях, то есть при температуре 20 °С, без

доступа воздуха и света. Для пересчета  $BPK_5$  в  $BPK_{полн}$  использовался коэффициент 1,33. Концентрация взвешенных веществ определялась весовым методом с предварительным фильтрованием сточной жидкости.

Результаты, полученные при проведении натуральных измерений и при компьютерном расчете, приведены на рис. 2.



**Рис. 2 – Результаты натуральных измерений и компьютерного расчета**

Как видно из рис. 2, результаты теоретических расчетов и результаты натуральных измерений на действующих сооружениях неплохо согласуются между собой и практически совпадают во всех измерениях, кроме третьего, восьмого и девятого. Рассчитанное значение концентрации загрязнений в девятом измерении в несколько раз меньше измеренного. Такое расхождение можно объяснить тем, что в период проведения измерения девять расход сточных вод был значительно меньше (приблизительно  $7 \text{ м}^3/\text{мин}$ ),

Оценка результатов натуральных измерений и математического моделирования процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках

чем обычно (около 25 м<sup>3</sup>/мин), при этом концентрация загрязнений в поступающих на очистку сточных водах – значительно больше (около 240 мг/л). При этом результаты, полученные при средних значениях параметров сточных вод, хорошо согласуются с теоретическими расчетами.

**Выводы.** Анализируя результаты, полученные при выполнении натурных измерений на действующих сооружениях биологической очистки (аэротенках) и при выполнении компьютерного расчета, можно сделать вывод о том, что полученная математическая модель позволяет адекватно описать процессы, происходящие в аэротенке. Используя предложенную математическую модель можно, изменяя определенные параметры (расход сточных вод, поступающих на очистку, концентрацию загрязнений в сточных водах, интенсивность подачи сточных вод), влияющие на протекание процесса биологической очистки сточных вод, исследовать их влияние на протекание процесса в аэротенке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2008 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/content/category/78>
2. Комиссаров Ю.А. Математическая модель структуры потока жидкости в системе аэротенк - отстойник. / Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Цзян Чжицян // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – Т. 43, № 6. – С. 677-684.
3. Лапшенков Г.И. Проблема выбора управлений процессом культивирования аэробных микроорганизмов при ограничении на технологические переменные. / Г.И. Лапшенков, Т.В. Зиновкина, Л.Ю. Харитоновна // Теор. и эксперимент. основы создания новых высокоэффективных хим.-технолог. процессов и оборудования: Сб. тр. 5-й межд. научной конф. – Иваново: ГП “Изд-во Иваново”, 2001. – с. 301 – 302
4. Святенко А.І. Важливість урахування особливостей біологічного очищення в аеротенках для поліпшення показників їх роботи / А.І. Святенко, Л.М. Корнійко // Екологічна безпека. - 2009. — №4 (8). – С. 93—96.
5. Горносталя С.А. Моделирование процессов биологической очистки в идеальных и реальных аэротенках. / С.А. Горносталя,

Е.А. Петухова, А.П. Созник // Проблеми надзвичайних ситуацій. — 2009. — № 10. — С. 67-77.

6. Горносталь С.А. Описание процессов, происходящих в системе аэротенк – вторичный отстойник, и их физическое моделирование / С.А. Горносталь, А.П. Созник // Наук. - техн. зб. Серія: Технічні науки та архітектура, вип.81. – Київ: Техніка, 2008. – С. 133-139.

Горносталь С.А., Кіріченко І.К., Созник О.П

**Оцінка результатів натурних вимірювань і математичного моделювання процесів біологічного очищення стічних вод в аеротенках**

На основі запропонованої раніше математичної моделі біологічного очищення стічних вод в аеротенку виконаний порівняльний аналіз результатів натурних вимірювань і комп'ютерних розрахунків. Показано, що одержана математична модель дозволяє адекватно описати процеси, що відбуваються в аеротенку.

**Ключові слова:** біологічне очищення, аеротенк, модель

Gornostal S.A., Kirichenko I.K., Sozник A.P.

**Estimation of results of the models measuring and mathematical modeling of processes of biological wastewater treatment in the aerotank**

On the basis of a previously proposed mathematical model of biological treatment of wastewater in the aerotank the comparative analysis of the results of field measurements and computer calculations. It is shown that the resulting mathematical model can adequately describe the processes occurring in the aerotank.

**Key words:** biological cleaning, aerotank, models