

УДК 628.171 / 519 (575.2) (04)

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

А.С. Куйчиев, А.К. Киргизбаев, Б.Д. Ижанов

Изложены вопросы математического моделирования функции водоотводящей системы населенного пункта.

*Ключевые слова:* математическая модель; водоотводящая система; населенный пункт.

Нами изучены особенности работы инженерных сооружений системы водоснабжения населенных мест и предложены математические модели для определения показателей надежности работы элементов водоотводящих систем населенных мест. При этом основные понятия и предпосылки были взяты из [1].

Для определения показателей надежности канализационных насосных установок исходили из нулевой гипотезы  $H^0$  – о неизменности условий эксплуатации и регулярности ведения записи об отказах насосных установок на насосной станции. При этом был использован критерий  $\chi^2_{набл}$ , связанный с критерием К. Питерсона [2].

Проверка однородности совокупности данных о наработках между отказами насосных установок проводилась по критериям Бартлетта – В и Фишера – F [2–4].

При рассмотрении модели надежности стареющих (изношенных) водоотводящих сетей исходили из вероятности отсутствия износового отказа при условии, что прибавочный отказ также не наблюдается в течение расчетного периода.

Таким образом, вероятность безотказной работы трубы с наработкой можно определить по нижеследующему выражению:

$$P(T) = (1 - Q_0(T))(1 - Q_T(T)), \quad (1)$$

где  $Q_0(T)$  и  $Q_T(T)$  – вероятности приработочного и износового отказов при наработке  $T$ , соответственно.

В результате преобразования (1), с учетом критериев, можно получить модель оценки вероятности безотказной работы водоотводящих труб:

$$P(T) = \left\{ 1 - \alpha \exp(-(\ln T)^2 / \tau_0) \right\} \exp(-T^{m_1+m_2} \ln T / \tau) \quad (2)$$

Тогда плотность распределения вероятности отказа по наработке будет иметь вид

$$f(T) = (dQ(T)/dT) / P(T) = -(dP(T)/dT), \quad (3)$$

$$\lambda(T) = (dQ(T)/dT) / P(T) = -(dP(T)/dT) / P(T). \quad (4)$$

Применение метода математического моделирования (модель Моно, Герберта) позволяет в соответствии с экспериментальными данными получить математическую модель для описания динамики поведения микроорганизмов в процессе биологической очистки.

Полученная математическая модель микробиологического процесса, где происходит минерализация органических веществ в сточной воде показала, что кинетику роста микроорганизмов в системе биологической очистки можно описать как сложными, так и простыми моделями Моно.

Анализ уравнения материального баланса и режима течения жидкости в аэротенках показал, что условия перемешивания жидкости в реакторе не влияют на степень рециркуляции ила, т.е.

$$\begin{cases} X_0 - X_a + T_{\rho X}(X, L) = 0, \\ L_0 - L_e - T_{\rho L}(X, L) = 0 \end{cases}; \quad (5)$$

и

$$\begin{cases} X_0 + \frac{rX_r}{1+r}, \\ L_0 = \frac{L_r}{1+r} + \frac{rL_e}{1+r}. \end{cases} \quad (6)$$

где:  $X_0$  и  $L_0$  – соответственно, концентрация ила и загрязнителя на входе аэротенка;

$L_r$  – концентрация загрязнителя на входе сооружения очистки можно принять в приемном резервуаре;

$L_e$  – концентрация растворенной органики.

Так как коэффициент рециркуляции  $\gamma$  обычно не превышает 1 и режим работы очистного сооружения важен практически, когда  $L_e \leq L_r$ , то с достаточной точностью можно полагать, что

$$L_0 = \frac{L_r}{1 + r}. \quad (7)$$

Исходя из параметров величин  $L_0$  и  $L_r$  для действующих чистых станций водоотведения, установлено, что для средних городов коэффициент  $\gamma = 0,25$ . Это соответствует теоретическим параметрам расчета, которые выполнены другими исследователями [5].

Вычисленные и приведенные теоретические основы дают возможность создавать математические модели, учитывающие материальные потоки и режим движения сточных вод в сооружениях биологической очистки, сточных вод населенных мест.

Результаты многочисленных расчетов позволяют судить о том, что продольное изменение стока воды можно моделировать на основе численного решения системы дифференциальных уравнений Сен-Венана или их упрощенного варианта – уравнением кинематической волны [5].

## Выводы

Характер изменения отдельных инженерных составляющих системы водоотведения населенных мест можно описать математическими аппаратом и смоделировать. Для этого нужно использовать численные значения и характер изменения параметров, что приведены в выражениях (1)–(7).

## Литература

1. Яковлев С.В. Канализация. М.: Стройиздат, 1975. 632 с.
2. Наурызбаев Е.М., Орман А.О., Махамбетов А.М. Математическое моделирование надежности процесса эксплуатации водоотводящих сетей // Наука и образование Южного Казахстана. 1997. № 1. С. 173–175.
3. Наурызбаев Е.М., Мынбай Д.К. Анализ функционирования водоотводящих систем в сейсмоопасных регионах с учетом их экологической безопасности // Nauka i inowascja. Praha. 2009. С. 52–54.
4. Наурызбаев Е.М. Экономическая эффективность автоматизации и диспетчеризации канализационных насосных станций г. Тараз // Научный мир Казахстана. 2009. № 2 (24). С. 29–34.
5. Наурызбаев Е.М. Надежность насосных станций систем водоотведения в процессе эксплуатации // Известия научно-технического общества “КАХАК”. 2009. № 1 (23) С. 77–81.