

УДК 628.218

В.Н. Яромский аспирант
ИИСИ

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рост сельских населенных мест и повышение их благоустройства приводит к интенсивному развитию систем водоотведения.

Развитие системы водоотведения - это не только расширение, но и усложнение всей системы в целом в связи с возросшими требованиями по охране окружающей среды и рациональным использованием водных ресурсов.

В результате усложнения технических систем резко увеличивается число составляющих их элементов или подсистем, усложняются взаимосвязи между подсистемами и отдельными элементами.

Важнейшей проблемой технической системы, и в частности системы водоотведения, является ее надежность. От бесперебойной работы системы водоотведения в течении определенного времени зависит сохранение природных богатств, материальных ценностей и жизни людей.

Для возможности оценки надежности канализационных сетей необходимо разработать критерии, которые в полной мере отражали бы специфику канализации. Они должны включать точные формулировки понятий элемент системы, отказ элемента и отказ системы; показатели надежности системы.

Система канализации относится к сложным системам, так как она имеет самостоятельное функциональное назначение, и может быть подразделена на несколько подсистем /канализационные сети, насосные станции, очистные сооружения и т.д./, при совместном действии которых формируются их выходные параметры.

Качество работы системы оценивают характеристикой качества функционирования $\phi_z(t) = \phi[z(t)]$. Здесь вектор $\bar{z}(t)$ является математической моделью функционирования системы, который может быть представлен так:

$$\bar{z}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{pmatrix},$$

где: $X_i(t)$ - оценивает состояние i -го элемента системы;
 R - число элементов, которые учитывают при
 расчете надежности системы

$$X_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент работоспособен;} \\ 0, & \text{если } i\text{-й элемент неработоспособен.} \end{cases}$$

Функция $\phi_z(t)$ изменяется во времени в связи с изменением вектора $\bar{Z}(t)$. Так как вектор $\bar{Z}(t)$ изменяется случайным образом, то показателем качества функционирования системы следует считать математическое ожидание случайной величины $\phi_z(t)$ в момент времени :

$$\Phi(t) = M\phi_z(t).$$

Показатель надежности системы водоотведения $R_{\text{сист}}(t)$ следует определить, как отношение показателя качества функционирования реальной системы к показателю функционирования идеальной системы $\phi_0(t)$. Идеальная система всегда находится в исправном состоянии $\bar{Z}(t)$ и все компоненты вектора $\bar{Z}(t)$ равны единице

$$R_{\text{сист}}(t) = \frac{\Phi(t)}{\phi_0(t)}.$$

Если это отношение близко к единице, то отказы элементов слабо влияют на эффективность работы системы. В этом случае вряд-ли целесообразны какие-нибудь меры повышения надежности, полученные результаты могут не оправдать произведенных затрат. В другом случае, необходимо упомянутые меры принять.

При определении "элементов" канализационной сети можно пойти из понятия участок трубопровода, расположенный между двумя колодцами. Под "отказом" будем понимать всякое нарушение, повреждение или аварию, вызывающие уменьшение пропускной способности или прекращение работы трубопровода.

Отказы элементов канализационной сети имеют случайную природу. Так, нарушение прочности трубопровода возникает при случайном образовании перегрузок на ослабленных местах. Как перегрузки трубопроводов, так и их ослабление места определяются значениями ряда независимых случайных величин. Эти величины характеризуются законом распределения, который в большинстве случаев бывает нормальным.

При возникновении отказа, элемент восстанавливают. Со временем на нем может появиться новое повреждение, которое также будет отремонтировано. Последовательность возникающих отказов на элементах канализационной сети составляет поток

случайных событий или однородный процесс Пуассона. Такой процесс характеризуется стационарностью, отсутствием последовательности и ординарностью. Эти условия в основном выполняются и для канализационных сетей.

Вероятность n отказов за время t в простейшем потоке событий $P_n(t)$ определяется по закону Пуассона:

где: n - случайная величина, принимающая значения 0, 1, 2, ...
Вероятность того, что за время t не будет ни одного отказа равна:

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} = P(t).$$

Эта вероятность есть функция надежности. Функция надежности элементов канализационной сети подчиняется экспоненциальному закону.

Параметр потока отказов элементов канализационной сети можно определить на основании статистических данных. Если за время наблюдений Δt (принимает один год) каждый элемент из N наблюдаемых отказал n_i раз, тогда:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N \Delta t}$$

Обратной величиной λ является наработка на отказ T .

Применительно к участку канализационной сети, как и простому элементу системы, определены показатели надежности:

λ - параметр потока отказов или T - наработка на отказ, как величина обратная λ .

Литература

1. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем. М., Из-во стандартов, 1977.
2. Червоный А.А., Лукьяченко В.И., Ястин Л.В. Надежность сложных систем. М., "Машиностроение", 1972.
3. Абрамов В.В. Надежность систем водоснабжения. М., Стройиздат, 1979.
4. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М., "Советское радио", 1975.