

3.Юрченко В.А. Развитие научно-технологических основ эксплуатации сооружений канализации в условиях биохимического окисления неорганических соединений: Дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.04 / УГНИИ „УкрВОДГЕО”. – Харьков, 2007. – 426 с.

Получено 03.02.2010

УДК 621.1.192 : 62.192

А.Я.НАЙМАНОВ, д-р техн. наук, Ю.В.ГОСТЕВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка

ВОЗМОЖНЫЕ НОРМЫ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Предлагаются величины нормативов надежности различных элементов систем водоснабжения и водоотведения.

Пропонуються величини нормативів надійності різних елементів систем водопостачання і водовідведення.

To offer the sizes the specifications of reliability various elements of the systems water supply and water removal.

Ключевые слова: надежность, нормы надежности, водоснабжение, водоотведение, водозаборы, насосные станции, водоводы, сети.

В настоящее время идет процесс пересмотра существующих нормативов строительства, разрабатываются новые строительные нормы с учетом в них элементов надежности сооружений и оборудования. В частности, изданы новые российская и украинская нормы проектирования тепловых сетей [1, 2], украинский ДБН по общим принципам обеспечения надежности в строительстве [3]. В них приведены нормативные величины вероятности безотказной работы и коэффициентов готовности элементов систем и сооружений.

Объекты водопровода и канализации отнесены к классу ответственности СС2, в то же время объекты жизнеобеспечения больших районов городской застройки и промышленных территорий рекомендовано относить к более высокому классу ответственности СС3 [3]. Для них категория ответственности элементов может быть принята Б и характерна вторая группа граничных состояний. В приложении В, таблица В.1 приведены целесообразные расчетные значения вероятности возникновения отказов, которые для класса СС2, категории Б и второй группы граничных состояний составляют $1 \cdot 10^{-4}$ ($P_i^{\text{ex}} = 1 \cdot 10^{-4}$) при стабильной расчетной ситуации. Тогда вероятность безотказной работы $P = 1 - P_i^{\text{ex}} = 0,9999$.

Эту величину можно принять в качестве вероятности безотказной работы элементов систем водоотведения и водоснабжения. Вся же

система водоснабжения или водоотведения должна быть отнесена к классу ответственности СС3, категория Б. Для всей системы расчетная вероятность возникновения отказа составляет $5 \cdot 10^{-5}$ ($P_i^{\text{ex}} = 0,00005$) [3]. Тогда вероятность безотказной работы системы должна составлять

$$P_{\text{сист}} = 1 - P_i^{\text{ex}} = 1 - 0,00005 = 0,99995.$$

Таким образом, требование к надежности всей системы выше, чем к надежности составляющих ее элементов. Отметим, что нормативный документ ДБН В.1.2-14-2009 относится к конструкциям зданий и сооружений; оборудование им не рассматривается. В то же время классы последствий (ответственности) СС1, СС2 и СС3 зданий и сооружений бесспорно распространяются на объекты водоснабжения и канализации. Это связано с тем, что классификация построена на характеристиках возможных последствий от отказа зданий и сооружений в виде опасности для здоровья и жизни людей, прекращения функционирования коммуникаций, утраты культурных объектов и экономического ущерба.

Приведенные выше требования к надежности являются весьма высокими, особенно если их сравнивать с требованиями к тепловым сетям [1, 2]. В частности, для тепловых сетей минимально допустимые вероятности безотказной работы установлены в следующих пределах:

- для источника тепловой энергии $P_{\text{дт}}=0,97$;
- для тепловой сети $P_{\text{тм}}=0,90$;
- для потребителя тепловой энергии $P_{\text{стз}}=0,99$;
- для системы теплоснабжения в целом

$$P_{\text{ст}} = 0,97 \cdot 0,90 \cdot 0,99 = 0,86 \text{ (14 отказов за 100 лет).}$$

Минимально допустимое значение коэффициента готовности системы теплоснабжения принимают $K_g=0,97$. Для повышения надежности системы должно быть предусмотрено резервирование ее элементов. Полное прекращение подачи тепла не допускается; возможно только снижение подачи тепла до 27-83% от расчетной на период от 6 до 50 часов в зависимости от диаметров трубопроводов теплосети и температуры наружного воздуха.

Требования по допустимой длительности снижения или полного прекращения подачи воды приводятся и в действующем СНиП 2.04.02-84 по водоснабжению [4]. К сожалению, в этих нормативных документах [2, 4] нет указаний сколько раз за срок эксплуатации допускаются перерывы или снижение уровня оказания услуг. Примечание, что в системах теплоснабжения при $P_{\text{ст}}=0,86$ количество отказов составляет 14 за 100 лет приведено только в российском СНиП [1]. Если следо-

вать логике этого документа, то отказы элементов систем водоснабжения и водоотведения при $P=0,9999$ могут наблюдаться не более 1 раза за 10 тыс. лет, а всей системы при $P=0,99995$ – не более 5 раз за 100 тыс. лет. Учитывая, что сроки эксплуатации объектов водопровода и канализации не превышают 100 лет, приходим к требованию о недопустимости вообще отказов на них. Разумеется, фактически дело обстоит совершенно иным образом. Более логично предположить, что при $P=0,9999$ из 10 тыс. объектов может отказать 1 объект, а при $P=0,99995$ из 100 тыс. объектов могут отказать 5 объектов.

На основании требований СНиП 2.04.02-84 могут быть вычислены и величины нормативных коэффициентов готовности систем водоснабжения. Однако, при нормировании степени обеспеченности подачи воды водопроводами I, II и III категорий, не оговаривает СНиП к какому сроку они относятся. Эти требования могут быть отнесены как к 1 году эксплуатации, так и ко всему расчетному сроку службы водопровода. Отметим, что сроки службы элементов водопровода (водозаборов, водоводов, очистных станций и сетей) имеют разные величины. Тогда разными будут получаться и величины нормативов надежности этих элементов, что выглядит не совсем верным. На наш взгляд, следует вычислить нормативы надежности как для одного года, так и для всего расчетного срока службы и далее сопоставить с приведенными выше требованиями ДБН В.1.2-14-2009 для выбора наиболее рационального решения.

Для действующих систем нормативную величину коэффициента готовности можно вычислить по формуле [5]

$$K_g = 1 - \frac{T_n + T_{ин}}{T_g} = \frac{T_g - (T_n + T_{ин})}{T_g},$$

где T_g – заданный срок эксплуатации технической системы; T_n – суммарное время, затраченное на проведение планового технического обслуживания системы за весь срок ее эксплуатации; $T_{ин}$ – суммарное время, затраченное на устранение неисправностей системы за весь период ее эксплуатации.

Периодичность проведения текущих профилактических и капитальных ремонтов приведена в положениях [6-8], а трудоемкость некоторых видов ремонтов по сетям – в справочнике [9]. Продолжительность ремонтов рекомендуется в каждом конкретном случае определять расчетом, при этом также следует определять необходимость вывода элемента системы из эксплуатации. В связи с тем, что практически все виды сооружений и оборудования систем водоснабжения и

водоотведения резервированы, текущие и капитальные ремонты могут быть проведены без значительного снижения объемов подачи воды. Итак, длительности плановых затрат времени на ремонт определить не удастся.

Тогда требования п.4.4 СНиП 2.04.02-84 [4] по допустимым срокам перерывов в подаче воды и снижения подачи на 30% могут считаться затратами времени на устранение неисправностей за 1 год эксплуатации. Формула для определения нормативного коэффициента готовности системы водоснабжения будет иметь вид:

$$K_{z(норм)} = 1 - \frac{T_{пер} + T_{сн} \cdot 0,3}{8760},$$

где $T_{пер}$ – допускаемая СНиП 2.04.02-84 длительность перерыва в подаче воды, ч; $T_{сн}$ – допускаемая длительность периода снижения подачи воды на 30%, ч.

Вычисления по этой формуле дают следующие величины нормативных коэффициентов готовности для категорий систем водоснабжения:

$$\text{I категория} \quad K_{z(норм)} = 0,997184;$$

$$\text{II категория} \quad K_{z(норм)} = 0,991096;$$

$$\text{III категория} \quad K_{z(норм)} = 0,984932.$$

Данные нормативы могут быть распространены и на системы водоотведения, поскольку водопровод и канализация связаны между собой и представляют фактически единую систему.

Система водоснабжения состоит обычно из ряда последовательно соединенных блоков сооружений: водозаборов, насосной станции I подъема, водоводов, очистных сооружений, насосной станции второго подъема и сетей. И так – 6 блоков, тогда коэффициент готовности системы

$$K_{z(сист)} = K_{z(водозаб)} \cdot K_{z(НС-I)} \cdot K_{z(водовод)} \cdot K_{z(ОС)} \cdot K_{z(НС-II)} \cdot K_{z(сетей)}.$$

Все эти элементы должны обладать одинаковой надежностью, т.е. иметь одинаковые величины коэффициентов готовности, назовем его нормативным коэффициентом готовности элемента, отсюда

$$K_{z(сист)} = K_{z(эле)}^6.$$

Тогда $K_{z(эле)}^{норм} = \sqrt[6]{K_{z(сист)}} = \sqrt[6]{0,997184} = 0,999532$ для систем водоснабжения I категории;

$K_{z(эле\text{м})}^{норм} = \sqrt[6]{0,991096} = 0,998516$ для систем водоснабжения II категории;

и $K_{z(эле\text{м})}^{норм} = \sqrt[6]{0,984932} = 0,997483$ для систем водоснабжения III категории.

Сравним полученные величины $K_{z(норм)}$ с требованиями ДБН В.1.2-14.2009 к конструкциям зданий и сооружений водоснабжения и канализации. Очевидно, что требования ДБН значительно выше ($P_{сист} = 0,99995$, а $K_{z(норм)} = 0,997184$ даже для первой категории систем). Впрочем, это положение согласуется с практикой эксплуатации, которая свидетельствует, что отказы строительных конструкций наблюдаются на порядок реже, чем отказы технологического оборудования.

1.СНиП 41-02-2003. Тепловые сети.

2.ДБН В.2.5-39: 2008. Теплові мережі.

3.ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.

4.СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Строиздат, 1985. – 136 с.

5.Чумаков Л.Д., Голубцова Н.А., Зверева Л.Г. Оценка показателей надежности технических систем с использованием имитационного моделирования // Надежность технических систем: Сб. науч. тр. Ин-та техн. механики АН Украины. – К.: Наук. думка, 1991. – С.38-43.

6.Положение о проведении планово-предупредительного ремонта водопроводно-канализационных сооружений. Утв. Госстроем СССР 15.12.1967г. – М.: Стройиздат, 1968. – 47 с.

7.Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. Затвер. Наказом Держжитлокомунгоспу України від 05.07.1995р. №30 із змінами згідно з Наказом Держкомітету з питань житлово-комун. господарства №2 (z0077-05) від 04.01.2005р. і Наказом МЖКГ №191 (z0830-08) від 27.06.2008р.

8.Положення про безпечну та надійну експлуатацію зовнішніх мереж і споруд водопостачання й каналізації. Затвер. наказом Держкомітету будівництва, архітектури та житлової політики України 03.04.1998р. №69 (z0748-98).

9.Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник. – 3-е изд. – Л.: Стройиздат, 1988. – 383 с.

Получено 10.12.2009