**Возможные нормы надежности элементов систем водоснабжения и водоотведения**

***А. Я. Найманов, Ю. В. Гостева,*** *Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

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 российские и украинские нормы проектирования тепловых сетей, украинский ДБН по общим принципам обеспечения надежности в строительстве. 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. Для них категория ответственности элементов может быть принята Б и характерна вторая группа граничных состояний. Целесообразные расчетные значения вероятности возникновения отказов 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 $5 \cdot 10^{-5}$ ($P_i^{\text{ex}} = 0{,}00005$). Тогда вероятность безотказной работы системы должна составлять

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

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 сравнивать их с требованиями к тепловым сетям. В частности, для тепловых сетей минимально допустимые вероятности безотказной работы установлены в следующих пределах:

- для источника тепловой энергии $P_{дт}$=0,97;
- для тепловой сети $P_{тм}$=0,90;
- для потребителя тепловой энергии $P_{стэ}$=0,99;

- для системы теплоснабжения в целом $P_{ст} = 0{,}97 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}99 = 0{,}86$ (14 отказов за 100 лет).

Минимально допустимое значение коэффициента готовности системы теплоснабжения принимают $К_г$=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. К сожалению, в нормативных документах нет указаний сколько раз за срок эксплуатации допускаются перерывы или снижение уровня оказания услуг. Примечание, что в системах теплоснабжения при $Р_{ст}$=0,86 количество отказов составляет 14 за 100 лет приведено только в российском СНиП. Если следовать логике этого документа, то отказы элементов систем водоснабжения и водоотведения при Р=0,9999 могут наблюдаться не более 1 раза за 10 тыс. лет, а всей системы при Р=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 Р=0,9999 из 10 тыс. объектов может отказать 1 объект, а при Р=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 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

$$K_г = 1 - \frac{T_п + T_{нп}}{T_э} = \frac{T_э - (T_п + T_{нп})}{T_э}, \qquad (2)$$

где $T_э$ - заданный срок эксплуатации технической системы;

$T_п$ - суммарное время, затраченное на проведение планового технического обслуживания системы за весь срок ее эксплуатации;

$T_{нп}$ - суммарное время, затраченное на устранение неисправностей системы за весь период ее эксплуатации.

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 удается.

Тогда, требования п. 4. 4 СНиП 2.04.02-84 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

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

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

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

I категория $К_{г(норм)}$=0,997184;
II категория $К_{г(норм)}$=0,991096;
III категория $К_{г(норм)}$=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 1 подъема, водоводов, очистных сооружений, насосной станции второго подъема и сетей. Итак – 6 блоков, тогда коэффициент готовности системы

$$K_{г(сист)} = K_{г(водозаб)} \cdot K_{г(\text{НС}-I)} \cdot K_{г(водовод)} \cdot K_{г(ОС)} \cdot K_{г(\text{НС}-II)} \cdot K_{г(сетей)}. \qquad (4)$$

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

$$K_{г(сист)} = K^{6}_{г(элем)}. \qquad (5)$$

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

$K^{норм}_{г(элем)} = \sqrt[6]{0{,}991096} = 0{,}998516$ для систем водоснабжения II категории;

и $K^{норм}_{г(элем)} = \sqrt[6]{0{,}984932} = 0{,}997483$ для систем водоснабжения III категории.

Сравним полученные величины $K_{г(норм)}$ с требованиями ДБН В.1.2-14.2009 к конструкциям зданий и сооружений водоснабжения и канализации. Очевидно, что требования ДБН значительно выше ($Р_{сист}$=0,99995, а $К_{г(норм)}$=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.