

Э.И. Салиев, канд. наук гос. упр.

И.В. Николенко, д-р техн. наук,

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
АР Крым, Симферополь, Украина,

И.Н. Каленик,

Производственное предприятие водопроводного канализационного хозяйства,
Краснопереконск, Украина

ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ АВАРИЙНЫХ СОСТОЯНИЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проведено аналіз аварійного стану централізованих систем водопостачання та водовідведення. Висвітлено основні ознаки несправностей, що виявляються в процесі експлуатації об'єктів, несправностей арматури і елементів автоматики, несправностей електрообладнання. Розглянуто причини порушення герметичності трубопроводів (магістралі), показано основні аспекти несправності насосного обладнання. Вказано головне джерело проблем з насосами — кавітація.

The article concerns the analysis of accident conditions of centralized water and sewer systems. The main failure symptoms in the process of using facilities, failure symptoms of accessories, automatic equipment and electrical equipment are described. The reasons of seal failure of pipelines, the main aspects of failure symptoms of pumping equipment are considered. Cavitation is defined as the main source of problems with pumps.

Введение

Одними из наиболее острых проблем функционирования водопроводно-канализационного хозяйства Украины является его неудовлетворительное техническое состояние ввиду значительного износа основных фондов, а также чрезмерное и неэффективное использование материальных и энергетических ресурсов. Причины выхода из строя централизованных систем водоснабжения и водоотведения многообразны и зависят от многих факторов.

Во всех городах Украины износ коммунальных систем водоснабжения и водоотведения достигает 60-70%. Все это приводит к постоянным перебоям с подачей воды, а также ко вторичному загрязнению питьевой воды, к периодическим порывам, развитию коррозии на стенках труб и т. д.

Насосные станции Украины практически отработали нормативный срок амортизации: каждая пятая насосная изношена на 90%; 40% — требующие замены насосных агрегатов; из 130 тыс. км коммунальных водопроводных сетей не менее 35 % находятся в аварийном состоянии и требуют замены. Такая ситуация приводит к значительному снижению надежности систем водоснабжения и росту аварий, количество которых находится в диапазоне 100–400 аварий в год на 100 км трубопроводов. Этот показатель в странах Западной Европы находится в диапазоне 10–20 аварий на 100 км трубопровода в год. Аварии в системах

водоснабжения несут за собой различные последствия, в том числе приводят к созданию чрезвычайных ситуаций в зонах обслуживания. Следует отметить, что централизованная система водоснабжения и водоотведения в современном обществе является одним из наиболее важных элементов жизнеобеспечения и социальной стабильности.

Учитывая эти проблемы, отрасли необходима разработка подходов к анализу аварийного состояния централизованной системы водоснабжения и водоотведения для обеспечения повышения качества оказания услуг за счет повышения эксплуатационной надежности этих систем.

Постановка задачи

Совокупность внутренних свойств для любых сложных технических систем, которые определяются взаимосвязанностью процессов, происходящих в их элементах и агрегатах в некоторый момент времени, называется состоянием. В общем случае централизованная система водоснабжения и водоотведения может находиться в одном из трех состояний: исправном, аварийном (неисправном) и отказа (неработоспособном).

Исправное состояние централизованных систем водоснабжения и водоотведения характеризуется совокупностью свойств, определяющих его пригодность к эксплуатации, т. е. когда она удовлетворяет всем требованиям, установленным на ее основные

и второстепенные параметры в соответствии с действующими нормами и правилами.

Неработоспособное состояние обуславливается отказом централизованных систем водоснабжения и водоотведения, когда она не отвечает требованиям, установленным на его основные и второстепенные параметры, или становится опасным в эксплуатации.

Указанные состояния являются крайними, они рассматриваются при расчете показателей надежности централизованных систем водоснабжения и водоотведения.

Аварийное состояние является промежуточным между этими состояниями и характеризуется тем, что в централизованных системах водоснабжения и водоотведения произошли изменения, проявились первичные неисправности, в результате которых изменяются характеристики рабочего процесса, но вся централизованная система еще обладает необходимой работоспособностью. Однако, если не принять специальных мер, то аварийное состояние централизованной системы водоснабжения и водоотведения неизбежно перейдет в состояние отказа. При аварийном состоянии централизованных сетей и сооружений систем параметры рабочего процесса изменяются по характерным законам, которые зависят от типа первичной неисправности, а также условий эксплуатации. Следовательно, если иметь два образа изменения во времени параметров рабочего процесса — для исправного состояния и аварийного, — то сравнивая их, можно установить не только факт отказа, но и его причину.

Неработоспособное состояние централизованной системы водоснабжения и водоотведения, как восстанавливаемых технических систем, приводится до исправного путем проведения ремонтных работ, направленных на устранение причин отказов. В теории надежности наиболее сложные аналитические задачи возникают при анализе надежности восстанавливаемых технических систем, которые являются моделями теории массового обслуживания. В качестве входного потока требований в таких системах принимается поток отказов, который в них возникает, а обслуживание состоит в их устранении. Основной особенностью моделей восстанавливаемых технических систем является то, что среднее время восстановления элементов систем во много раз меньше среднего времени между соседними отказами элементов в системе. Это позволяет использовать для оценки надежности восстанавливаемых технических систем асимптотические методы. В настоящей работе приведены подходы к анализу показателей надежности централизованных систем водоснабжения и водоотведения на отрезке времени между двумя отказами системы.

Основная часть

При эксплуатации централизованных систем водоснабжения и водоотведения принципиально может иметь место бесконечное множество аварийных состояний. Однако из всей совокупности аварийных состояний, в результате их анализа можно выбрать основные, наиболее вероятные. Характер проявления аварийных состояний и отказов при одних и тех же первичных неисправностях определяется, прежде всего, схемой централизованных

систем водоснабжения и водоотведения и величиной основных параметров рабочего процесса: подача, напор и суточный график водопотребления. В качестве примера рассмотрим аварийные состояния централизованной системы водоснабжения и водоотведения, содержащей насосную станцию второго подъема, подающую воду конечным потребителям, систему трубопроводов с арматурой и элементами автоматики. Рассмотрим основные отказы такой системы.

Нарушение герметичности трубопроводов (магистралей). Причины нарушения герметичности трубопроводов могут быть разнообразными. В основном из-за дефектов элементов, соединений и монтажа, воздействия окружающей среды, вибраций и высокочастотных колебаний, при гидравлических ударах.

Водоснабжение является одной из важнейших технической отраслей, основная задача которой состоит в обеспечении всех категорий потребителей водой необходимого качества, в требуемом количестве, под определенным напором и с достаточной степенью надежности. Аварии, которые происходят на водопроводных сетях и магистральных водоводах, не всегда позволяют обеспечивать эти основные положения.

При проектировании, реконструкции сетей и сооружений водоснабжения и канализации и анализе аварий в сложных системах напорных трубопроводов необходимо проводить расчет изменения давления и скорости жидкости в трубопроводах при гидравлическом ударе. Гидравлические удары, как известно, происходят при закрытии и открытии задвижек, клапанов, кранов, а также при пуске и остановке насосов. Известно, что гидравлический удар является причиной повреждения труб и насосов, а длительные колебания давления при гидравлическом ударе постепенно разрушают стыковые соединения и нарушают показания измерительных приборов. В определенных случаях давление в трубопроводе снижается до вакуумметрического, что может вызвать засасывание внутрь различных загрязнений через неплотности в стыках труб, вследствие чего ухудшается качество транспортируемой воды. Гидравлический удар, сопровождающийся понижением давления ниже атмосферного, представляет собой наиболее сложный расчетный случай. Поскольку при дальнейшем понижении давления в трубопроводе может произойти образование в них кавитационной каверны, что в свою очередь ведет к разрывам сплошности потока жидкости в одной или в нескольких точках по длине трубопровода. Следовательно, при расчете одно из основных дифференциальных уравнений неустановившегося движения жидкости будет неприменимо к точкам, где происходит разрыв сплошности потока.

На магистральных водоводах гидравлические удары чаще всего происходят вследствие отключения от энергии электродвигателей насосных агрегатов. Часто результатом таких сбоев является гидравлический удар, сопровождающийся понижением давления ниже атмосферного во всем трубопроводе или в какой-либо

его части. В таких случаях величина максимального ударного давления в большей степени зависит от характера падения величины давления у насоса при его постепенной остановке и от профиля трубопровода. На ликвидацию последствий указанных аварий затрачиваются огромные денежные средства.

В результате нарушения герметичности вследствие утечки изменяются параметры рабочего процесса, а также увеличиваются затраты энергии. Утечки — наиболее частый дефект, который обнаруживают в водопроводных сетях, а определение причины и их устранение следует выполнять безотлагательно. Обычно (если это не авария) причиной утечки становится недостаточная плотность стыков труб и неплотное закрытие водоразборной арматуры на внутренних водопроводных сетях. Своевременный осмотр запорной арматуры помогает обнаружить основную причину утечки: дефекты арматуры или плачевное состояние сети.

Ремонт водопроводных сетей делится на два вида:

- а) текущий ремонт;
- б) капитальный ремонт.

Первый вид ремонта подразумевает собой профилактический ремонт (запланированный заранее по объему выполняемой работы и времени проведения) и незапланированный ремонт (срочное устранение поломок, которые проявились в результате эксплуатации).

Неисправности насосного оборудования. Они являются следствием конструктивных и технологических недоработок, дефектов материалов деталей, ошибок при выборе рабочего поля, неправильного монтажа и условий эксплуатации. К неисправностям насосов относят: нарушение герметичности уплотнений; поломка деталей; заедание и поломка подшипников; обрывы крепежных деталей и т. д.

Разнообразие конструкций и условий применения насосов определяет разнообразие возможных неисправностей. В руководстве по эксплуатации каждого насоса приводится подробный список характерных неисправностей и способов их устранения. Здесь приведен краткий обзор типичных неисправностей насосного оборудования.

Основные признаки неисправностей, проявляющиеся в процессе эксплуатации: вибрация агрегата, повышенный уровень шума и изменение его тональности, повышенные рабочие токи, пульсации давления.

Причины выхода насоса из строя можно разделить на несколько групп.

1) Механические неисправности:

- дефекты изготовления, сборки и монтажа насосного агрегата;
- вызванные износом насосного агрегата.

2) Неисправности системы управления:

- работа в недопустимых режимах (вне рабочей зоны);
- неисправности системы электропитания;
- неисправности электродвигателя.

3) Неисправности гидравлической системы:

- неправильный подбор насоса;
- изменение параметров сети.

Для динамических насосов недопустимым режимом является также выход за пределы рабочей зоны (подача меньше Q_{\min} или больше Q_{\max}), т.к. при этом возрастает вероятность возникновения кавитации. Работа с подачей, большей максимальной, приводит также к перегрузке электродвигателя.

Неисправности системы электропитания. Здесь различают две группы неисправностей: отклонения параметров сети от номинальных и неисправности, связанные с соединительными проводами.

При пониженном напряжении в сети электродвигатель не развивает паспортной мощности, и при запуске насоса возможен срыв параметров. Колебания и броски напряжения, перекос фаз (неравенство напряжений в различных фазах) приводят к колебаниям скорости вращения, повышенным вибрациям электродвигателя и, в худшем случае, к пробое изоляции обмотки.

Основными неисправностями, связанными с соединительными проводами, являются неправильный подбор кабеля (повышенное сопротивление), обрыв фазы, неправильное чередование фаз (реверс электродвигателя).

При повышенном сопротивлении кабеля может наблюдаться картина, как при пониженном напряжении питания. Как правило, при этом кабель сильно греется, что может привести к повреждению изоляции и короткому замыканию.

При обрыве фазы двигатель продолжает работать, но при этом резко возрастают токи обмоток электродвигателя. Если не срабатывает защита, результат — перегрев и разрушение изоляции обмоток.

Направление вращения трехфазного электродвигателя определяется чередованием фаз. При противоположном направлении вращения наблюдаются значительное снижение параметров центробежных насосов и сильный нагрев. У вихревых насосов, шестеренных насосов изменяется направление потока жидкости — из напорного патрубка во всасывающий.

Неисправности арматуры и элементов автоматики.

Первичными неисправностями арматуры и элементов автоматики могут явиться: неполное открытие (закрытие) или самопроизвольное срабатывание элементов, поломки и заедание подвижных частей.

Основной причиной неисправности запорной арматуры является негерметичность уплотнительных элементов. Причинами этого может быть: грязь, попавшая под уплотняющее устройство; царапины, выбоины или неравномерный износ на поверхностях уплотнителей.

Неисправности элементов арматуры и автоматики в зависимости от их назначения и места установки могут приводить к различным видам аварийных состояний: к разрушению элементов централизованных систем водоснабжения и водоотведения из-за нарушения предельных параметров рабочих процессов; к нарушению герметичности и недопустимому дросселированию, к самопроизвольному включению-выключению насосных агрегатов.

Кавітація насосов. Пожалуй, главный источник проблем с насосами — кавитация. Кавитация в насосах вызывается следующими первичными причинами: нарушение герметичности всасывающих трубопроводов, увеличение гидравлических сопротивлений на всасывании, неполное закрытие задвижек в напорных трубопроводах при пуске, неисправности системы заливки.

Кавитация — физически это явление объясняется тем, что в жидкости всегда присутствует какое-то количество растворенного газа. При движении жидкости в ней могут возникать зоны разрежения. В результате выделяются газовые пузыри. Попадая с потоком в зону более высоких давлений, пузыри схлопываются, выделяя энергию, которая разрушает поверхность рабочих колес, улиток (рисунок 1) и т.д.

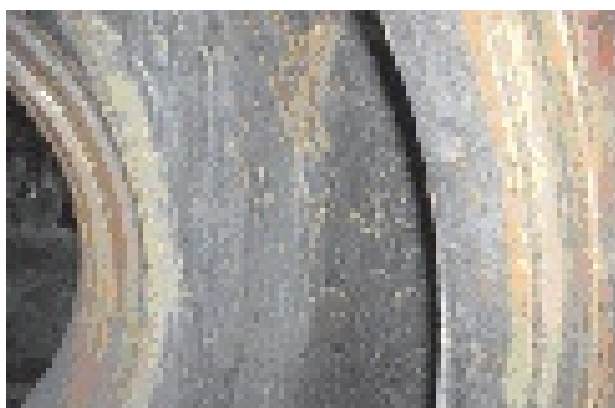


Рисунок 1 — Кавитационное разрушение улитки после года работы насоса

Эта энергия также создает ударные волны, вызывающие вибрацию, распространяющуюся на рабочее колесо, вал, уплотнения, подшипники, повышая их износ. Возникновение кавитации обусловлено разными причинами. Любой вид кавитации связан с неучетом важных правил гидравлики и гидродинамики.

Каждый насос характеризуется величиной кавитационного запаса $\Delta h_{тр}$. Это то минимальное давление, в пределах которого у жидкости, попадающей в насос, сохраняется состояние собственно жидкости. Величину $\Delta h_{тр}$ в номинале и кривую зависимости $\Delta h_{тр}$ от подачи/напора обязан предоставлять производитель насоса.

Насос необходимо подбирать, устанавливать и обвязывать так, чтобы он располагал в зоне своей работы (определяется наложением характеристик насосов и системы водоводов) тем допустимым кавитационным запасом Δh , величина которого была бы выше $\Delta h_{тр}$.

Иными словами $\Delta h_{доп}$ — есть потенциальная энергия жидкости у всасывающего отверстия насоса $\Delta h_{доп} = H_a + H_s - H_{вр} - H_f - H_i$, где H_a — атмосферное давление (10 м водного столба на уровне моря); H_s — статический напор (положительный или отрицательный), определяемый как разность уровней между свободной поверхностью жидкости и осью насоса, м; $H_{вр}$ — давление паров перекачиваемой жидкости, зависящее от температуры, м; H_f — потери на трение во всасывающей линии, м; H_i — потери

в пространстве между горловиной и головкой рабочего колеса насоса (если неизвестны, можно принять равными 0,6 м).

Пример. Нужно определить геометрическую высоту всасывания H_o (рисунок 2) для насоса с $\Delta h_{тр} = 7,0$ м.

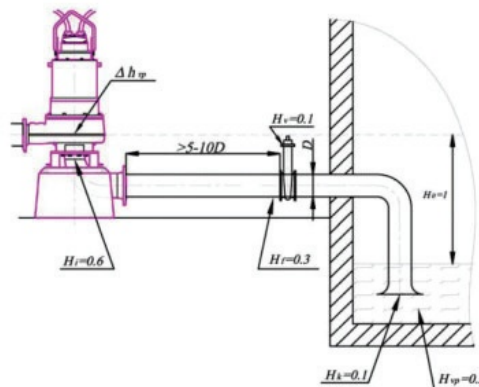


Рисунок 2 — Расчет геометрической высоты всасывания H_o

Расчетом из таблиц получаем потери: на входе в насос $H_i = 0,6$ м; на трение во всасывающей линии $H_f = 0,3$ м; на задвижке $H_v = 0,1$ м; на конфузоре $H_k = 0,1$ м; давление насыщенных паров $H_{вр} = 0,2$ м. Величина H_o равна H_s со знаком минус.

Для получения искомой H_o применим систему из трех уравнений.

$$\Delta h_{доп} = 1,1 \Delta h_{тр}, \tag{1}$$

где 1,1 — коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от условий работы насоса 1,1 — 1,5.

$$H_o = - H_s, \tag{2}$$

так как уровень воды отрицательный по отношению к оси насоса.

$$\Delta h_{доп} = H_a + H_s - H_{вр} - H_k - H_v - H_f - H_i. \tag{3}$$

Отсюда

$$H_o = - (1,1 \Delta h_{тр} - H_a + H_{вр} + H_k + H_v + H_f + H_i), \text{ или} \\ H_o = - (1,1 * 7,0 - 10 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,3 + 0,6) = - (-1,0) = 1 \text{ м.}$$

Требуемый кавитационный запас $\Delta h_{тр}$ обычно вычисляют по характеристике, представляемой производителем насоса. Кривая $\Delta h_{тр}$ начинается с точки нулевой подачи и медленно растет с увеличением. Когда подача превышает точку наибольшего КПД насоса, кривая $\Delta h_{тр}$ резко возрастает по экспоненте. Зона справа от точки максимального КПД обычно является кавитационно-опасной. Кавитационный запас не поддается контролю с точки зрения механики, и оператор насосной станции (особенно если он не ознакомлен с характеристиками насосов) улавливает по металлическому шуму и щелчкам уже развитую кавитацию. К сожалению, на рынке слишком мало приборов, позволяющих наблюдать и предотвращать кавитацию. Хотя датчик давления на всасывающей стороне насоса, подающий сигнал тревоги при падении давления ниже допустимого для конкретного агрегата, мог бы и должен бы применяться повсеместно.

Кавитация в насосах приводит к неустойчивым режимам работы. Кроме того, при возникновении

кавитации уменьшается производительность и напор насоса. Вследствие этого падает КПД насоса, нарушается равновесие мощностей насоса и трубопроводной сети. Кроме этого, существенно снижается срок службы насоса, увеличиваются пульсации давления, вибрации, уровень излучаемого шума.

Неисправности электрооборудования. Наиболее часто встречаются следующие:

- неисправности 3-х фазных электродвигателей;
- неисправности электроустановок высоковольтного и низковольтного оборудования;
- неисправности освещения;
- неисправности трансформаторных подстанций (пробой, прострел и т.д.)

Все указанные неисправности, если они являются первичными, приводят, как правило, к быстрому разрушению элементов централизованной системы водоснабжения и водоотведения и носят характер разрушений от нагрузок. Время появления таких аварийных состояний очень мало, поэтому их можно считать неконтролируемыми, а отказы — непрогнозируемыми.

Методы прогнозирования аварийных состояний

Создание методов и средств контроля аварийных состояний централизованных систем водоснабжения и водоотведения является частью общетехнической проблемы повышения их надежности, а также сокращения материальных, энергетических и трудовых затрат на эксплуатацию.

Централизованная система водоснабжения и водоотведения состоит из большого количества взаимосвязанных агрегатов и элементов. Непрерывно и непосредственно контролировать их состояние в целом не представляется возможным. В то же время для каждого состояния этих элементов характерны определенные признаки, выражающиеся в соответствующем изменении параметров рабочего процесса. Регистрация их и априорные знания зависимости параметров рабочего процесса от состояния элементов централизованной системы водоснабжения и водоотведения позволяют установить причины их изменения и, следовательно, прогнозировать работоспособность всей системы.

Параметры рабочего процесса системы взаимосвязаны, поэтому однозначное определение состояния системы является чрезвычайно сложной задачей. Для увеличения достоверности прогноза необходимо в характере изменения параметров выявить такие признаки, по которым можно отличить одно аварийное состояние системы от другого. Следовательно, каждому классу состояний необходимо поставить в соответствие определенный сигнал в виде изменения некоторой совокупности параметров рабочего процесса, отличный от сигналов других состояний. Определение такой совокупности параметров, характеризующей аварийное состояние, является исходным моментом прогнозирования.

Если предположить, что каждое аварийное состояние систем водоснабжения и водоотведения контролируется

некоторой совокупностью параметров рабочего процесса, то рассматривая контролируемые параметры как функции времени, можно решить задачу прогнозирования состояний и предсказать момент наступления отказа. Таким образом, для диагноза и прогнозирования состояний централизованных систем водоснабжения и водоотведения необходимо знать характер изменения параметров при различных первичных неисправностях и выбрать из них определяющие, по которым можно осуществлять контроль.

Номенклатуру контрольных параметров можно определить по результатам анализа параметров рабочего процесса при эксплуатации данных систем, в которых имели место аварийные состояния, закончившиеся отказом. Однако ввиду того, что объем информации для анализа аварийных состояний сетей и сооружений систем может быть небольшим и, как правило, не охватывает всех возможных состояний и первичных неисправностей, то экспериментальное определение контролируемых параметров достаточно сложное, а в некоторых случаях не представляется возможным.

Реакцию централизованной системы водоснабжения и водоотведения, т. е. изменение параметров рабочего процесса при различных аварийных состояниях, можно определить путем решения систем дифференциальных уравнений, описывающих рабочие процессы при наличии первичных неисправностей, т. е. путем математического моделирования. В основу метода моделирования принимается допущение о том, что централизованная система водоснабжения и водоотведения является детерминированной системой, т. е. каждому ее состоянию соответствует вполне конкретное внешнее проявление в виде определенного характера изменения параметров рабочего процесса. Несмотря на то, что в реальных условиях эксплуатации сетей и сооружений систем не является полностью детерминированной системой, так как первичные неисправности, приводящие к аварийным состояниям, могут быть зависимыми и случайными. Однако допущение о детерминированности систем принимается на основании того, что появление нескольких первичных неисправностей одновременно является событием маловероятным.

В указанной постановке задача моделирования может быть решена следующим образом. Составляется математическая функциональная модель централизованной системы водоснабжения и водоотведения, которая представляет систему детерминированных уравнений, описывающих процессы, происходящие в агрегатах, в элементах и их взаимные связи, а также зависимости, связывающие параметры рабочего процесса с первичными неисправностями.

В общем виде система уравнений, представляющая математическую модель централизованной системы водоснабжения и водоотведения как сложной технической системы, может иметь вид

$$\sum_{i=1}^n y_i \left(t, \tau, \frac{d}{d\tau} \right) y = F_i(t, \tau, z, x) \quad (4)$$

где $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — вектор функций времени, характеризующий параметры рабочего процесса централизованной системы водоснабжения и водоотведения; $z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ — вектор функций времени, характеризующий внешние и внутренние возмущения и первичные неисправности системы; F_i — нелинейная функция, связывающая параметры рабочего процесса с первичными неисправностями; Y_d — многочлен относительно операторов дифференцирования векторов коэффициентов параметров; t — моменты времени, для которого определяется состояние централизованной системы водоснабжения и водоотведения; τ — текущее время.

Задавая типовые функции первичных неисправностей $z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ и решая систему уравнений, определяются реализации параметров рабочего процесса $y_i(\tau)$, соответствующие каждому аварийному состоянию централизованной системы водоснабжения и водоотведения. Каждой группе номинальных условий $\tau = \tau_0, z_0$ и начальных значений $y_{01}, y_{02}, \dots, y_{0n}$ соответствует решение системы уравнений (4), которое определяет параметры рабочего процесса для определенного аварийного состояния в виде

$$y_{i0} = \Phi_{i0}(\tau_0, y_{01}, y_{02}, \dots, y_{0n}, z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}).$$

Каждой группе условий в произвольные моменты времени соответствует решение системы уравнений (4) в виде

$$y_i = \Phi_i(\tau_i, y_{01}, y_{02}, \dots, y_{0n}, z_m).$$

Математическая функциональная модель централизованной системы водоснабжения и водоотведения содержит набор нелинейных дифференциальных уравнений, поэтому моделирование аварийных состояний целесообразно производить численными методами с помощью компьютерной техники.

Для предложенного подхода моделирования аварийных состояний исходными данными для моделирования являются: схема централизованной системы водоснабжения и водоотведения; значения параметров рабочего процесса при исправном состоянии; набор основных первичных неисправностей, приводящих систему в аварийное состояние.

Выводы

Долговечность, надежность и техническая безопасность функционирования централизованной системы водоснабжения и водоотведения во многом зависят от полноты выполнения требований и углубленного изучения инновационных методик работы, причин неисправностей сетей и сооружений систем в данной сфере и профессионального подхода.

Литература

1. Гіроль, М.М. Стан водопостачання та водовідведення в Україні / М.М. Гіроль, О.А. Ткачук, Г.М. Семчук та ін. // Вісн. Одес. держ. акад. будівництва та архітектури. — 2005. — 19. — С. 3—9.
2. Асоціація водопровідно-каналізаційного господарства України. Щодо стану та проблем функціонування водопровідно-каналізаційного господарства України за підсумками роботи у 2006-2007 роках // Вісник Академії будівництва України. — К.: АБУ. — 2008. — № 18. — С. 183—189.
3. Николенко, И.В. Пути повышения надежности насосных станций систем водоснабжения / И.В. Николенко, С.Д. Бойчук, Е.М. Валкина // Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов НАПКС. — Симферополь, 2008. — Вып. 26. — С.98—104.
4. Водний кодекс України // ВВР.— 2001.— № 37-38.— С. 189.
5. Салієв, Е.І. Енергосбереження в жилищно-комунальному господарстві Автономної Республіки Крим / Е.І. Салієв // Промышленная теплотехника. — 2007. — № 6. — С. 58—60.
6. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. — М.: Радио и связь, 1985. — 608 с.
7. Салієв, Е.І. Щодо впровадження енергозберігаючих технологій в сфері житлово-комунального господарства Автономної Республіки Крим / Е.І. Салієв // Енергозбереження. — 2007. — № 10. — С.17—20.
8. Волков. Основы надежности ракетных двигателей / Е.Б. Волков, Р.С. Судаков, Т.А. Сырицын. — М.: Машиностроение, 1974. — 400 с.
9. Салієв, Е.І. Проблемні питання водопостачання та водовідведення регіону / Е.І. Салієв, Н.А. Сич // Упр. сучас. містом. — 2006. — № 3—4 / 7—12 (23—24). — С.71—79. — Авторські с. 71—75. (ВАК)
10. Багнюк, В. Питна вода: якою вона має бути / В. Багнюк // Надзвичайна ситуація. — 2007.— №5. — С.34—37.
11. Бушуєв, С.Д. Динамическое лидерство в управлении проектами / С.Д. Бушуєв, В.В. Морозов. — К.: МАУП, 2000. — 310 с.
12. Дрозд, Г.Я. Підвищення експлуатації довговічності та екологічної безпеки каналізаційних мереж: автореф. Дис....д-ра техн. наук / Г.Я. Дрозд.— Макіївка, 1998. — 35 с.

Надійшла 14.02.2013 року