

05, май 2016

УДК 004.031.43

**Автоматизированная система-советчик реального времени,
направленная на обнаружение разрыва напорных трубопроводов на
насосных станциях**

*Вострокнутов И. Н., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Научный руководитель: Гапанюк Ю. Е., доцент, к.т.н.
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»
gapyu@bmstu.ru*

Введение

В Москве находится более 700 км напорных канализационных сетей. Более 50 % напорных трубопроводов имеют диаметр от 1000 до 1400 мм, и по ним перекачивается до 80 % сточных вод, поступающих на очистные сооружения. 55 % напорных трубопроводов имеют истекший срок амортизации. [1] В связи с этим, возможны аварии на участках данной напорной сети. Каждая минута промедления после разрыва трубопровода на участке дорого обходится городу. И речь идёт не только о деньгах, но и о безопасности окружающего мира.

Аналогичные проблемы могут возникать в теплосети, газовой и нефтяной промышленности, а также на других предприятиях, в которых существуют сети с насосными агрегатами. Существует множество решений проблемы, связанной с оперативным обнаружением и ремонтом поврежденного участка трубопровода. И одним из решений может являться создание программы оперативного обнаружения разрыва напорного трубопровода.

Обоснование необходимости создания комплекса

Предпосылками создания данной программы могут служить экономические, социальные и экологические факторы. Рассмотрим их на примере канализационных насосных станций (в дальнейшем - КНС) города. На протяжении всей статьи, будет рассматриваться пример комплекса программно-технических средств именно на КНС.

В качестве экономического фактора, влияющего на себестоимость системы, можно взять стоимость ремонтно-восстановительных работ. Главным фактором при аварии на напорном трубопроводе является время: чем больше времени от разрыва до отключения насосной станции прошло, тем больше жидкости вытекло. А это, в свою очередь, сильно влияет на размер вреда, нанесенного окружающей среде. К примеру: согласно нормативным документам [2], экологический ущерб на площадь 3000 м² составляет:

$$\text{УЩзагр} = 1 * 3000 * 1 * 2 * 400 = 2.400.000 \text{ руб.}$$

При этом, данный расчёт стоимости выполнен без учёта затрат на устранение аварии и затрат связанных с человеческой деятельностью (здания, сооружения, имущество физических и юридических лиц) в результате экологического последствия.

Без внедрения данного комплекса оперативная слежка за разрывами трубопроводов затруднительна, что может сильно сказаться на экономическом ущербе компании.

Экологические предпосылки создания системы очевидны: это минимизация площади, которая может пострадать от разлива жидкости вследствие разрыва. Социальным фактором можно назвать обеспечение бесперебойной и безаварийной работы системы водоотведения города.

Описание системы

Согласно классификации по степени автоматизации, предлагается разделение подобных систем на несколько типов, среди которых предлагаются к рассмотрению несколько: полностью автоматическая система, информационно-поисковая система и информационно-решающая система. У этих типов систем есть свои преимущества и недостатки.

Основным недостатком информационно-поисковой системы является наличие высококвалифицированного оператора, который требует оплаты своего труда, а также, в процессе принятия решения, под воздействием человеческого фактора, может допустить ошибку при анализе получаемых данных. В информационно-решающей системе анализ данных производит машина, однако оператору предоставляется принятие окончательного решения. Это значительно снизит нагрузку на оператора, вследствие чего влияние человеческого фактора на принятие решения будет снижено.

В автоматической системе проблем с оператором нет, так как он отсутствует. Однако, на смену одной проблеме приходит другая. Связана она с тем, что в комплексе могут произойти события, которые машина не учитывает. Примером может служить начало работы пунктов снегосплава – давление вследствие этого уменьшается, а расход, наоборот, увеличивается. Машина, обнаруживая такие изменения параметров, выполняет необходимый комплекс действий, тем самым, нарушая технологический процесс. Иными словами: компьютер закрывает задвижки, и город остаётся без воды из-за банальной причины – сплавки снега. Естественно, можно попытаться учитывать и эти обстоятельства, но какова гарантия того, что будут учтены абсолютно все параметры?

Таким образом, автором статьи предлагается рассматривать описываемую в статье систему как информационно-решающую.

Перейдём непосредственно к структуре системы. Пример системы с данной структурой можно посмотреть на рис. 1. Весь комплекс технических средств, необходимый для работы системы-советчика по разрыву водонапорных труб, можно разделить на четыре секции:

1. Технические средства на трубопроводах (датчики давления, расходомеры, а также электроприводные задвижки);
2. Шкаф контроллера – осуществляет передачу и преобразование данных от датчиков и задвижек к SCADA-серверу и наоборот;
3. SCADA-сервер – производит необходимую обработку данных, участвует в обмене информацией в ЛВС. Кратко говоря, SCADA-система организует процесс сбора информации в режиме реального времени (практически одновременно с событиями контролируемого процесса); [3, стр. 55]
4. Программно-технические средства отдела операторов системы – в этот раздел входят АРМ операторов, сама программа “Система-советчик реального времени по разрыву водонапорных труб”, а также сервер базы данных, который служит для предоставления данных о разрыве в долгосрочной перспективе.

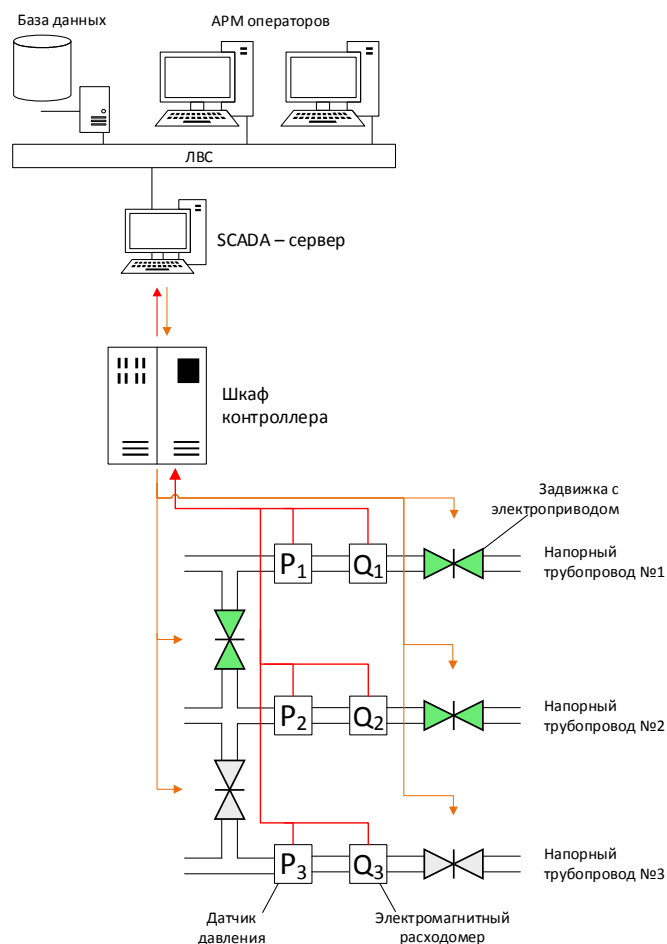


Рис. 1. Схема автоматизированной системы обнаружения утечки сточной жидкости при разрыве напорного трубопровода

Цикл работы комплекса состоит в следующем: датчики передают аналоговый или цифровой сигнал (в зависимости от типа датчиков) на шкаф контроллера, где сигнал записывается в регистры памяти и в дальнейшем передаются в базу данных на SCADA-сервер. На сервере идёт вторичная обработка данных. Полученные в результате обработки данные поступают на АРМ операторов, где программа-советчик осуществляет анализ обрабатываемой информации. Также, со SCADA-сервера данные попадают на сервер базы данных, где эти данные хранятся в долгосрочной перспективе (для предоставления отчётов по авариям).

С АРМ операторов может поступить утвердительный ответ на запрос о закрытии задвижек или остановке работы насосного агрегата. В таком случае, сигнал поступает на шкаф контроллера, а с него идёт на исполнительные механизмы указанных устройств. После успешного получения сигнала на исполнительное устройство задвижки (например: реле), включается электродвигатель привода задвижки и выполняется необходимое действие на её закрытие. Таким образом выполняется технологический процесс.

Алгоритм определения разрыва трубопровода

Условия запуска алгоритма (для КНС):

- В работе один и более НА (насосных агрегатов);
- Не производилось включение, выключение НА;
- Не производилось закрытие или открытие ЗРА (запорно-регулирующей арматуры);
- Не производилось заполнение секций регулирующих резервуаров, если есть;
- Не производилось открытие или закрытие задвижек на напорных трубопроводах для работы снегосплавного пункта;
- Увеличение расхода по разорванному напорному водоводу при отсутствии включения в работу на станции других насосных агрегатов.

В то же время на разорванном водоводе было кратковременное падение давления на некоторую величину, и через какое-то время возникает общее снижение давления на связанных напорных трубопроводах.

Такие параметры, как “увеличение расхода”, “снижение давления” определяются исходя из диаметра напорных трубопроводов, рабочего давления и уточняются в процессе эксплуатации системы.

Методика определения разрыва основана на анализе показаний давления и расхода на водоводах. Анализ производится по рабочим водоводам.

Первый пункт - определение рабочего водовода. В алгоритме учитывается число водоводов заданных из конфигуратора для данной станции и показания расходомеров.

Если задано отличное от нуля число водоводов, то для водоводов начиная с первого производится анализ показаний расходомера. Если показания ниже заданного минимального значения, то водовод считается нерабочим и он не участвует в алгоритме определения разрыва.

Второй пункт - определение разрыва трубопровода.

График расхода и давления по водоводам приводится на рис. 2.

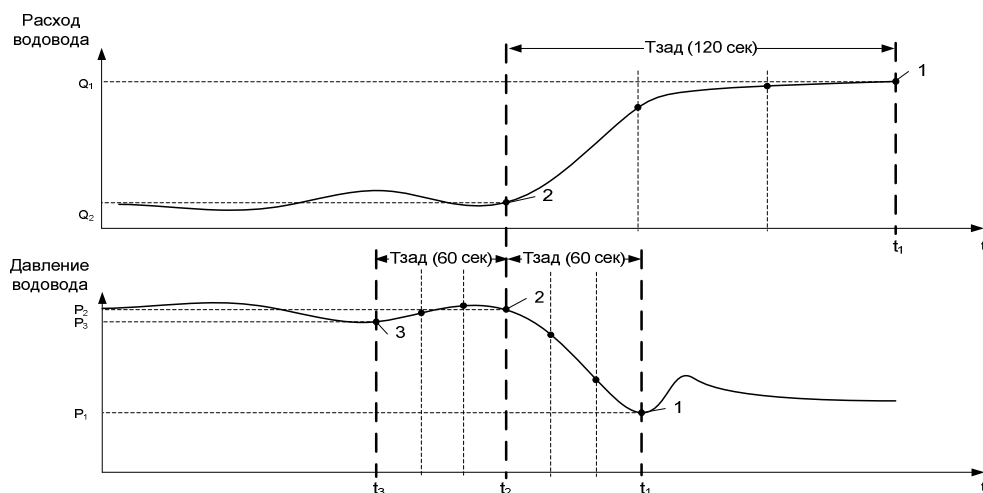


Рис. 2. Графики расхода и давления по водоводам

На показания каждого из водоводов накладывается временная сетка величиной $T_{зад} = 120$ сек для расхода, и 120 сек для давления половина из которой отводится для определения давления, а вторая половина для отсечки переходных процессов. Вся временная сетка сдвигается по графику вправо каждую секунду, после чего производится анализ показаний по точкам 1, 2 и 3.

Третий пункт - определение понижения давления по водоводу. Если разница давления между точками 1 и 2 (P_1 и P_2) превышает заданную уставку D_{min} ($0,1 \text{ кг/м}^2$) и между точками 2 и 3 (P_2 и P_3) нет сильных скачков, то фиксируется понижение давления по данному водоводу.

Четвертый пункт - определение повышения расхода по водоводу. Если было зафиксировано понижение давления, то по данному водоводу включается учет разницы расхода между точками 1 (Q_1) и 2 (Q_2), при превышении заданной уставки D_{max} ($300 \text{ м}^3/\text{ч}$) за время $T_{зад} = 120$ сек и на всем участке между точками 1 и 2 был рост показаний расхода, то фиксируется повышение расхода по данному водоводу.

Пятый пункт - формирование сигнала разрыва трубопровода производится, если было зафиксировано:

1. Понижение давления;
2. Повышение расхода;
3. Нет технологического переключения оборудования.

Исходя из вышеописанного алгоритма, можно составить блок-схему программы (см. рис. 3). Стоит сказать, что в представленной схеме существует обнаружение невозможности закрытия задвижки. Проверка невозможности выполнения какого-либо

процесса, а также уведомление пользователя об этом является одним из требований к качественной разработке системы. [4, пункт 1]

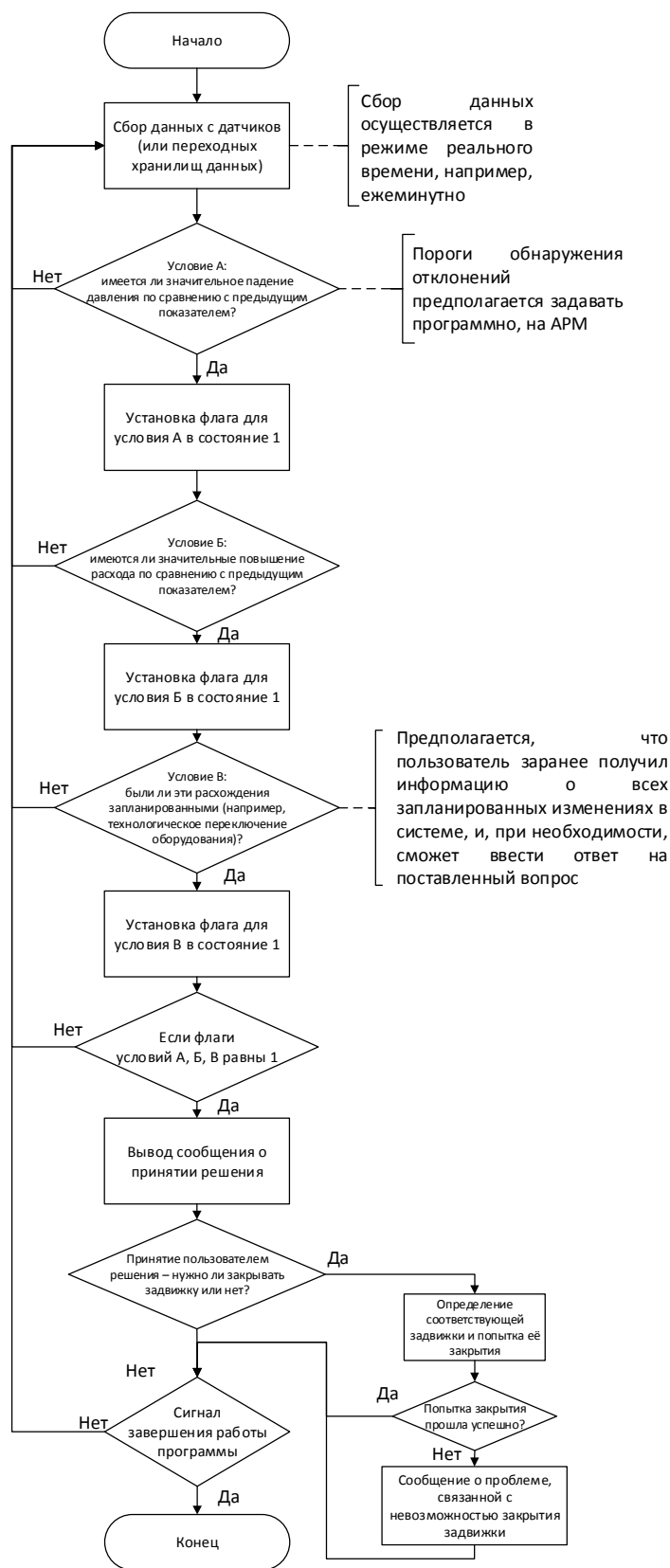


Рис. 3. Пример блок-схемы программы «Система-советчик реального времени, обнаруживающая разрыв напорного трубопровода»

Заключение

В статье был рассмотрен технологический процесс работы насосной станции с применением программно-технического комплекса “Определения разрыва напорных трубопроводов” для соблюдения экологических норм эксплуатации и дальнейшего решения экономических проблем. Система-советчик, обозреваемая в статье, может помочь автоматизировать технологический процесс на многих предприятиях, где существуют подобные комплексы.

Программа-советчик призвана минимизировать время, требуемое на закрытие и ремонт поврежденного участка трубы. А связь программы с затворами будет частично автоматизировать процесс ремонта. В свою очередь, от пользователя требуется только принятие решения – производить ли закрытие затворов или нет.

Список литературы

- [1] Канализационная сеть. Акционерное общество «Мосводоканал». Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru/seweraage/network.php> (дата обращения 26.12.2015).
- [2] Приказ № 238 от 8 июля 2010 г. (с изменениями на 25 апреля 2014 года) Министерства природных ресурсов и экологии «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды Российской Федерации». Введ. 2010-07-09. М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2014. 11 с.
- [3] Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 240 с.
- [4] ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1985. 18 с.