

2. Никифорова, Е.С. Инструменты и методы формирования стратегии пространственного развития субъектов Российской Федерации (на примере Калининградской области) / Е.С. Никифорова // Вестник ОГУ. – 2008. – №5 (86)/май. – С. 68–73.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа: 20.08.2015.
4. Официальный сайт города Новополоцка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: novopolotsk.by. – Дата доступа: 20.08.2015.
5. Программа социально-экономического развития города Новополоцка на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.levonevski.net/pravo/normreg2013/num12/d12443.html>. – Дата доступа: 20.08.2015.

УДК [628.1(1-21):621.3.19.3].003.13

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Н.М. БОРДАДЫНОВА, Я.Н. КУЗЬМИНОВА
(Представлено: С.П. СТУДЕНИКИНА)

Рассмотрены наиболее эффективные способы, позволяющие повысить надежность водопроводной сети. Произведено экономическое сравнение способов повышения надежности систем водоснабжения, а также подтверждена рациональность использования одного из выбранных методов, наиболее предпочтительного с инженерно-технологической точки зрения как самого экономически выгодного.

Система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности. Основным элементом системы является водопроводная сеть (водоводы). Следовательно, обеспечение надежности водоводов – важнейшая задача.

Водоводы и водопроводная сеть (далее – сеть) должны обеспечить надежное и бесперебойное транспортирование воды к потребителям в необходимых количествах под напором, достаточным для подачи воды к самой отдаленной и высоко расположенной точке водоразбора, помимо этого вода должна по своему качеству отвечать требованиям стандарта. Одновременно с этим, водоводы, как и всякое сооружение, должны быть запроектированы наиболее экономично.

Таким образом, обеспечение надежности систем водоснабжения должно решаться параллельно с решением задачи экономичности системы, для чего необходимы оптимальные методы снижения затрат на строительство и последующую эксплуатацию без снижения качественных характеристик и параметров работы системы.

Для рассмотрения методов повышения надежности предварительно необходимо изучить строение сети и выявить все слабые стороны. Значительное влияние на надежность водопроводных сетей оказывает способ их укладки, а именно, в одну линию (последовательно) или же в 2 и более ниток (параллельно).

При параллельном соединении n элементов к отказу системы приведет отказ всех элементов. Если же из строя выйдет только один, то подачу воды будут производить другие элементы системы.

Последовательное соединение n элементов в систему характеризуется тем, что выход из строя одного любого элемента приводит к выходу из строя всей системы. [1] Одним из минусов данной системы является то, что трубопроводы несут куда большую нагрузку, чем трубопроводы параллельной системы. Поэтому аварии на таких сетях будут возникать гораздо чаще. Следовательно, устройство водоводов в одну линию без дополнительных мер по повышению надежности не обеспечивает бесперебойной подачи воды.

Рассмотрим два варианта конфигурации сетей:

- простые (нерезервированные) тупиковые сети в виде разветвленного дерева;
- кольцевые сети.

Простая тупиковая сеть (рис. 1) обладает наименьшей стоимостью. Однако она обладает низкой надежностью, так как к каждой точке водоразбора ведет только один путь. Т.е. данная сеть представляет собой последовательное соединение элементов.

Наиболее рациональным представляется кольцевая водопроводная сеть (рис. 2), которая обеспечивает подачу воды не менее чем с двух сторон к любому узлу сети и представляет собой параллельное соединение элементов. Таким образом, кольцевание сети уже обеспечивает резервирование путей подачи воды.

Для сравнительного анализа методов повышения надежности систем водоснабжения, был запроектирован город с тупиковой схемой сети и численностью населения 150 тыс.чел., произведен расчет для определения стоимости строительства данной сети и затрат для выбранных методов повышения ее надежности.

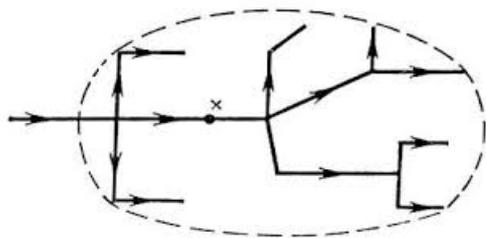


Рис. 1. Схема тупиковой сети



Рис. 2. Схема кольцевой сети

Изучив применяемые в настоящее время методы, для анализа были выбраны следующие:

- 1) временное резервирование;
- 2) дублирование;
- 3) структурное резервирование;
- 4) проектирование кольцевой сети.

Одним из наиболее часто применяемых методов повышения надежности работы водоводов является метод резервирования. Метод повышения надежности путем включения в схемы избыточных элементов называют резервированием. В системах с резервированием выделяют основной и резервный элементы: первый представляет собой элемент структуры объекта, отказ которого при отсутствии резервирования приводит к потере работоспособности объекта, второй – элемент, предназначенный для обеспечения работоспособности объекта в случае отказа основного элемента.

Отношение числа резервных линий к числу основных называется кратностью резервирования. Если кратность равна единице, говорят о дублировании. Очевидно, что надежность системы возрастает при увеличении кратности резервирования. Однако при этом возрастает и стоимость системы водоснабжения. Решение задачи оптимального резервирования системы напорных водоводов сводится к нахождению варианта, отвечающего требованиям надежности и экономичности:

1) Временное резервирование заключается в устройстве в конце водовода резервуаров с запасом воды на период ликвидации аварии, а именно: из расчета обеспечения всех водопотребителей водой в случае аварии в течение 24 часов, необходимых для ее устранения. В итоге затраты увеличились на **42,5%**.

2) Дублирование (разновидность резервирования) элементов систем в виде группы параллельно проложенных линий водоводов - позволяет получить более надежную систему, но при этом затраты на резервирование путем дублирования возрастают в 2 раза.

3) При структурном резервировании производится проектирование трубопровода, который в случае повреждения основного водовода или его участка сможет обеспечить потребителей водой в пределах допустимого снижения общего расхода воды на хозяйственно-питьевые цели не более чем на 30 %. Для данных расчетов была использована методика расчета тупиковой сети, с поправкой на то, что диаметры трубопроводов резервной сети были на 1 сортмент ниже. Затраты при применении данного метода возрастают на **75,8%**.

4) Преобразование тупиковой сети в кольцевую заключается в устройстве необходимого числа перемычек так, чтобы сеть состояла из замкнутых контуров. При этом если на каком-либо участке случится авария, то вода потребителю поступит и при таких условиях, но уже другим путем. Таким образом, структура кольцевой сети обладает высокой степенью резервирования путей подачи воды, следовательно, и высокой надежностью. Затраты на преобразование сети увеличатся на **32,9%**.

В настоящее время существуют относительно недорогие методы повышения надежности систем водоснабжения, поэтому тупиковые сети применяют все реже, т.к. они данным образом не обеспечивают надежность работы водоводов и бесперебойность подачи воды потребителям. По данным расчетов можно сказать, что наименее выгодным способом является дублирование, а самым экономически выгодным является преобразование тупиковой сети в кольцевую.

Таким образом, наиболее эффективным способом повышения надежности системы водоснабжения является устройство перемычек, которые позволяют уже запроектированную тупиковую сеть преобразовать в кольцевую и, тем самым, обеспечить выполнение требований, предъявляемых к сетям водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математические методы решения задач надежности водопроводно-канализационных систем. Раздел I. Основы надежности инженерных систем / С.С. Душкин [и др.] – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 56 с.