

ГОРОДСКОЙ ВОДОПРОВОДНЫЙ УЗЕЛ КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Брыков О.Д., студент; Федюн Р.В., к.т.н., доц.

(ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР)

Являясь поставщиком воды для почти 50% населения Земли, водопроводные хозяйства играют жизненно важную роль в процессе управления водными ресурсами, которые в последнее время все чаще становятся предметом острого дефицита. Сейчас, когда процесс глобальной урбанизации продолжается, перед водопроводным хозяйством стоит комплексная задача водоснабжения города экономически эффективным способом с целью обеспечения их нормальной жизнедеятельности. Отличительной чертой системы водоснабжения является практически случайное изменение нагрузки на сеть - величины водопотребления. Для каждой отдельной системы известен примерный график потребления в течение суток, однако он позволяет придерживаться лишь некоторого среднего значения подачи воды, который, как правило, не соответствует реальному водопотреблению. В таком случае происходят колебания давления в магистральных системах. Повышение давления приводит к порывам трубопроводов и снижению срока службы запорной арматуры, а также уменьшению количества подаваемой воды высотным потребителям и ухудшению качества водоснабжения в целом. Таким образом, проблема улучшения надежности и качества водоснабжения за счет разработки системы автоматического управления актуальна.

По своему назначению и расположению в общей существующей схеме водоснабжения насосные станции подразделяются на станции I подъема, II подъема и повышающие (станции подкачки) [1,2,3]. Насосные станции I подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в резервуары, распределительную сеть, водонапорную башню или конструкции в зависимости от принятой схемы водоснабжения [2,3]. Насосные станции II подъема служат для подачи очищенной воды конечным потребителям из резервуаров чистой воды. В некоторых случаях насосы I и II подъема могут быть размещены на одной станции, что позволяет уменьшить затраты на строительство и эксплуатацию [2,3]. На рисунке 1 приведена обобщенная технологическая схема городского водопроводного узла.

Водопроводный узел (рис.1) имеет в своем составе хлораторную (не показана на рисунке 1), два резервуара чистой воды РЧВ1 и РЧВ2, насосную станцию II подъема – водопроводный узел с двумя зонами давлений – зона низкого давления – 4 атм (40 м.вод.ст) и зона высокого давления – 7 атм (70 м.вод.ст). Вода на водопроводный узел поступает по двум водоводам от фильтровальной станции. Водопроводный узел подает воду по водоводам различного диаметра потребителям (рис.1).

На подводящих водоводах установлены задвижки электроприводом, которые регулируют расход воды на водопроводный узел. Накопление воды происходит в резервуарах чистой воды РЧВ1 и РЧВ2. Необходимость их использования связана с тем, что в часы пик потребление воды превышает объемы, которые можно взять непосредственно из подводящих водоводов. При переполнении резервуара сброс воды осуществляется через переливные трубы, расположенные в каждой секции резервуара. Для большинства используемых резервуаров чистой воды районных водопроводных узлов отметка максимального уровня воды в резервуарах составляет 4...6 м. Забор воды из резервуара осуществляется всасывающими трубопроводами, расположенными над приямками резервуара.

В насосной станции городского водопроводного узла установлено две группы основных насосных агрегатов. Группа насосов зоны высокого давления НВД (рис.1):

- насосы марки Д800-75 $Q=800 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=75 \text{ м.вод.ст.}$ и к ним электродвигатели: 4АН280М4УЗ, 200 кВт, 380В, 1500 об/мин; (2 рабочих и 2 резервных).

Группа насосов зоны низкого давления ННД (рис.1):

- насосы марки Д800-75 $Q=800 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=75 \text{ м.вод.ст.}$ и к ним электродвигатели: 4АН280М4УЗ, 200 кВт, 380В, 1500 об/мин;

- насосы марки Д500-65 $Q=500 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=65 \text{ м.вод.ст.}$ и к ним электродвигатели: 4АН280М4УЗ, 160кВт, 380В, 1500 об/мин; (1 рабочий и 2 резервных).

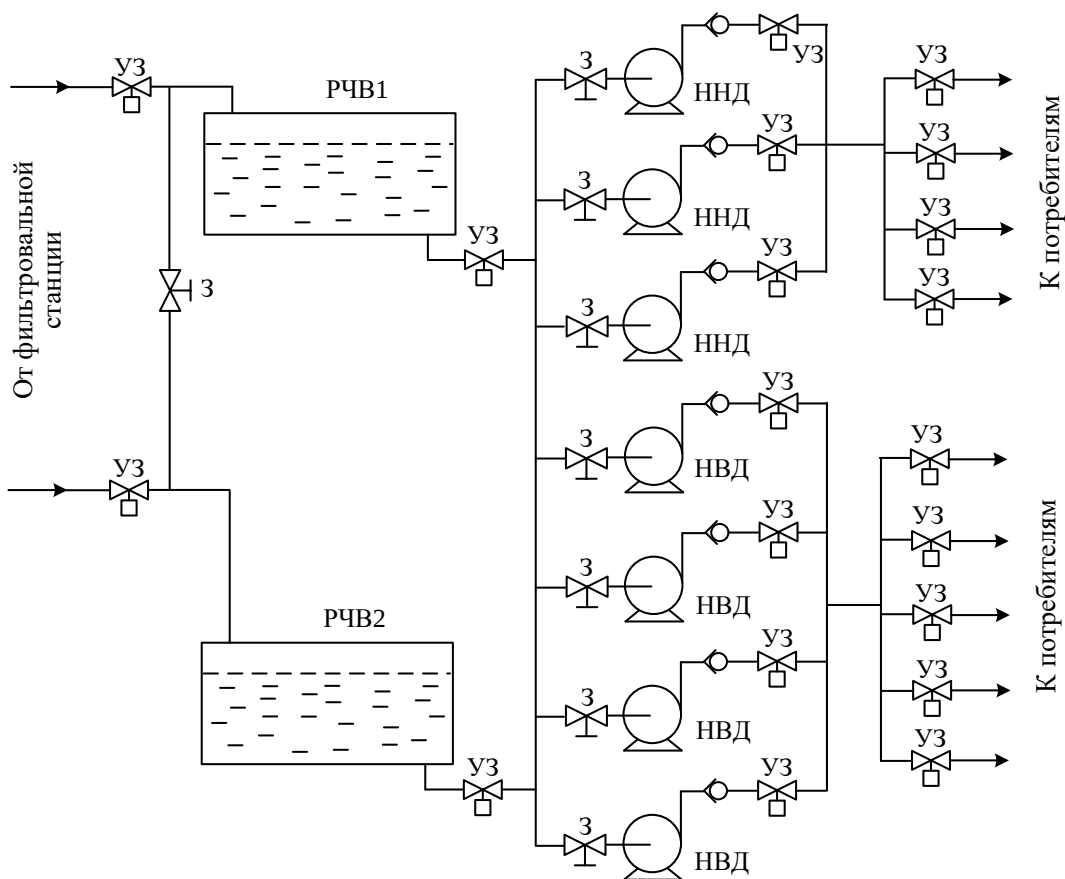


Рисунок 1 – Технологическая схема городского водопроводного узла

После водопроводного узла вода поступает в общий водовод, откуда непосредственно в водоводы, которые идут к месту назначения – потребителям (рис.1). Эти водоводы имеют разный диаметр труб, что ограничивает максимальный расход и давление на данном водоводе. Кроме того, каждый водовод оснащен управляемой задвижкой УЗ, которая позволяет регулировать давление в нем (рис.1).

Таким образом, согласно рассматриваемой обобщенной технологической схемы городского водопроводного узла (рис.1) и выполненного выше её анализа сформулированы следующие требования к технологическим параметрам водопроводного узла:

1. Обеспечение поддержания уровня в резервуарах чистой воды в пределах от 4 м до 5,7 м для исключения кавитационных режимов работы насосов водопроводного узла и избегания переливов воды при переполнении резервуаров.

2. Поддержание требуемого давления на уровне 7 атм в выходных водоводах зоны высокого давления при любом расходе потребляемой воды.

3. Поддержание требуемого давления на уровне 4 атм в выходных водоводах зоны низкого давления при любом расходе потребляемой воды.

4. Обеспечение отсутствия гидравлических ударов и кавитационных явлений в элементах водопроводного узла.

Таким образом, получены гидравлические схемы основных технологических элементов водопроводного узла – резервуаров чистой воды (рис.2) и насосной установки с соответствующей арматурой (рис.3).

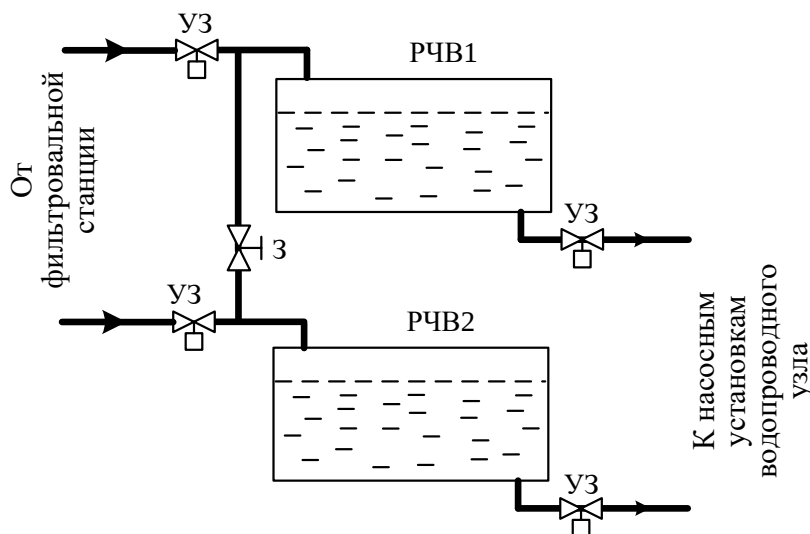


Рисунок 2 – Технологическая схема резервуаров чистой воды

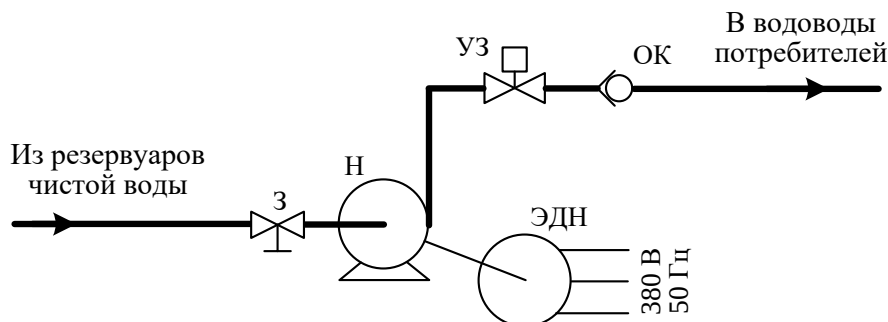


Рисунок 3 – Технологическая схема насосной установки

Для нормального функционирования резервуаров чистой воды и водопроводного узла в целом, применяется система арматуры и трубопроводов, включающая подающие и отводящие водоводы, ручные задвижки 3 и управляемые задвижки (с электроприводом) УЗ (рис.2).

Насосные установки зоны высокого давления НВД (рис.1) и зоны низкого давления ННД (рис.1) имеют одинаковые технологические схемы (рис.3), включающие в свой состав следующие элементы: ручную переключающую задвижку 3 на входе насоса Н, управляемую регулирующую задвижку УЗ на выходе насоса, обратный клапан ОК, подводящий и нагнетательный водоводы, электродвигатель насоса ЭДН (рис.3).

Одной из основных задач водопроводного узла является подача воды и поддержание её давления в контрольных точках водоводов. Это могут быть как точки непосредственно после насосов на гребенке, либо промежуточные точки водопровода, либо самый верхний потребитель в многоэтажном доме в районе, который обслуживается водопроводным узлом.

Для возможности подачи воды в водоводы сначала она должна поступать в резервуары чистой воды, и последние должны иметь уровень не ниже определенной отметки. Если уровень оказывается меньше этой отметки, в насосах возникает кавитация, что может привести к выходу их из строя. При переполнении резервуаров возникает перелив, и как следствие – лишняя трата воды и электроэнергии. Поэтому при выборе необходимого положения задвижки на входе в водопроводный узел необходимо учитывать значение расхода на ней, расход на нагнетательных водоводах, текущую наполненность резервуаров и,

возможно, время суток для прогнозирования расхода на водоводах. Задвижка приводится в движение управляемым электроприводом.

После того, как вода поступит в РЧВ, её необходимо подать потребителю, и обеспечить требуемое давление в каждом из водоводов. Обеспечение давления происходит с помощью насосной станции второго подъема. Особенность заключается в том, что каждый водовод имеет свою собственную уставку по давлению. Самым простым вариантом обеспечения необходимых давлений является поддержание с помощью насосов максимального давления из всех возможных, на каком либо из водоводов, а давление на остальных корректировать с помощью задвижек. Причем управление задвижками может производиться как автоматически в режиме реального времени, так и вручную, так как уставки требуемых давлений являются достаточно постоянными величинами. В таком случае, управление давлением сводится лишь к управлению лишь насосом, а точнее – электроприводом насоса.

Выполненный анализ параметров и характеристик обобщенной технологической схемы районного водопроводного узла (рис.1), особенностей технологических элементов – резервуаров чистой воды (рис.2) и насосной установки (рис.3) позволил получить схему информационных переменных данного объекта управления (рис.4).

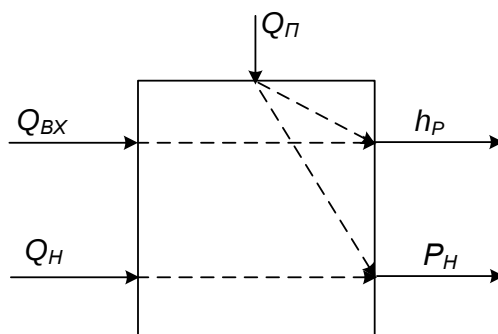


Рисунок 4 – Схема информационных переменных водопроводного узла

Основными управляемыми переменными рассматриваемого объекта управления – водопроводного узла, которые полностью характеризуют процесс его функционирования, являются (рис.4):

- уровень в резервуаре чистой воды $h_{Р}$;
- давление на выходе насосной установки $P_{Н}$.

Для осуществления требуемого изменения перечисленных управляемых переменных в рассматриваемом объекте управления – водопроводном узле (рис.4), используются следующие управляющие воздействия:

- расход воды $Q_{ВХ}$, подаваемой в каждый резервуар чистой воды;
- расход насосной установки $Q_{Н}$.

Основным возмущающим воздействием, которое оказывает влияние на управляемые переменные водопроводного узла – уровень в резервуаре чистой воды $h_{Р}$ и давление на выходе насосной установки $P_{Н}$ является расход потребляемой воды $Q_{П}$ (рис.4).

Комплексная схема автоматизированного управления насосной станцией обычно состоит из следующих отдельных частей: схемы автоматизации заполнения насоса; схемы автоматизации задвижек на напорном трубопроводе; схемы автоматизации электропривода насоса; схема взаимосвязи, которая обеспечивает последовательность действия системы в целом и осуществляет необходимые блокировки, а также автоматическая защита агрегата и сигнализация.

Большинство городских и районных водопроводных узлов имеют упрощенные схемы автоматического управления, которые морально и физически устарели. Управление насосами и электродвигателями осуществляется вручную диспетчером. На диспетчерском пульте присутствуют показания расхода на входе в водопроводный узел и давлении на выходных водоводах. Для изменения положения входной задвижки диспетчер с пульта кнопкой пуска подает напряжение с постоянной частотой на электродвигатель задвижки, и по достижению

показаний датчика требуемого значения отключает его. При этом возможны ситуации, когда задвижка не будет в требуемом положении, тогда придется доустанавливать её положение, что может потребовать её поочередное открытие-закрытие, то есть переходный процесс носит колебательный характер, что негативно сказывается на состоянии оборудования. Также в случае такого управления возникают сильные пусковые токи, что также сильно изнашивает электродвигатель.

Управление задвижками на выходных водоводах осуществляется аналогично вышесказанному, и имеет такие же недостатки.

На водопроводных узлах и станциях подкачки доступны для использования станции управления типа ПЭХ, СУНО-1, СУНО-2, СУНО-3.

Рассмотрим функции, выполняемые наиболее новой системой СУНО-3:

- автоматизированное и телемеханическое управления насосным агрегатом;
- контроль за работой насоса с помощью контактного манометра или реле тока;
- блокировку, предотвращающую пуск электродвигателя при отсутствии воды в бачке для смачивания подшипников насоса;
- отключение электродвигателя насоса при нарушении нормального режима работы насосного агрегата, при затоплении водой павильона насосной станции или при перегреве подшипников;
- сигнализацию при аварийной остановке насосного агрегата и открывании дверей павильона насосной станции.

Анализ возможностей данной станции управления показал, что она устарела, обеспечивает работу насоса в установившемся режиме только на полную мощность, не является экономически эффективной. Кроме этого, отсутствует функция плавного запуска двигателя, что приводит к возникновению больших пусковых токов - в 5-7 раз превышающих значение в номинальном режиме, что может вывести электропривод из строя при частых запусках. Неуправляемый и быстрый рост давления при запуске насоса приводит к колебаниям давления в магистральных, а также к возникновению гидроударов.

Выполненный обзор САУ водопроводными узлами и элементами систем городского водоснабжения позволил выделить ряд их особенностей, проблем и недостатков. Прежде всего, необходимо отметить, что при автоматизации основных и вспомогательных технологических элементов городских комплексов водоснабжения используются индивидуальные разработки и проекты САУ и АСУТП для конкретного объекта или элемента в условиях данного водоснабжающего предприятия. Как показывает проведенный анализ, в действующих АСУТП и САУ комплексами водоснабжения отсутствуют типовые, стандартные, унифицированные решения по автоматизации, в том числе и для водопроводных узлов и станций подкачки. Эта особенность связана с индивидуальностью технологического оборудования и технологических схем городских и районных комплексов водоснабжения. Техническая реализация САУ и АСУТП водоснабжением городов и поселков выполнена на элементной базе различных производителей. Таким образом, рассмотренные системы автоматического управления водопроводными узлами, станциями подкачки и комплексами водоснабжения, не выполняют всех необходимых функций по управлению и контролю параметрами городского водопроводного узла.

Перечень ссылок

1. Сомов, М.А. Водопроводные системы и сооружения. Учеб. для вузов. / М.А. Сомов. - М.: Стройиздат, 1988 - 399 с.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 3. Системы распределения и подачи воды. М.: Издательство АСВ, 2004 - 256 с.
3. Николадзе, Г.И. Водоснабжение. Учебник для вузов / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов – М.:Стройиздат, 1995. – 688 с.