

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ САУ ВОДОНАПОРНОГО УЗЛА «МУШКЕТОВСКИЙ» Г. ДОНЕЦК

**Краснодод А. И., студент; Хорхордин А. В., проф., к.т.н.; Батыр С. С., асс.**  
(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной группы потребителей (данного объекта) водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, то есть обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах).

Технологическая схема Мушкетовского водонапорного узла приведена на рис.1. Современный водопровод — система непрерывного водоснабжения потребителей, предназначенная для проведения воды для питья и технических целей из одного места в другое - к водопользователю (городские и промышленные помещения) преимущественно по подземным трубам или каналам.

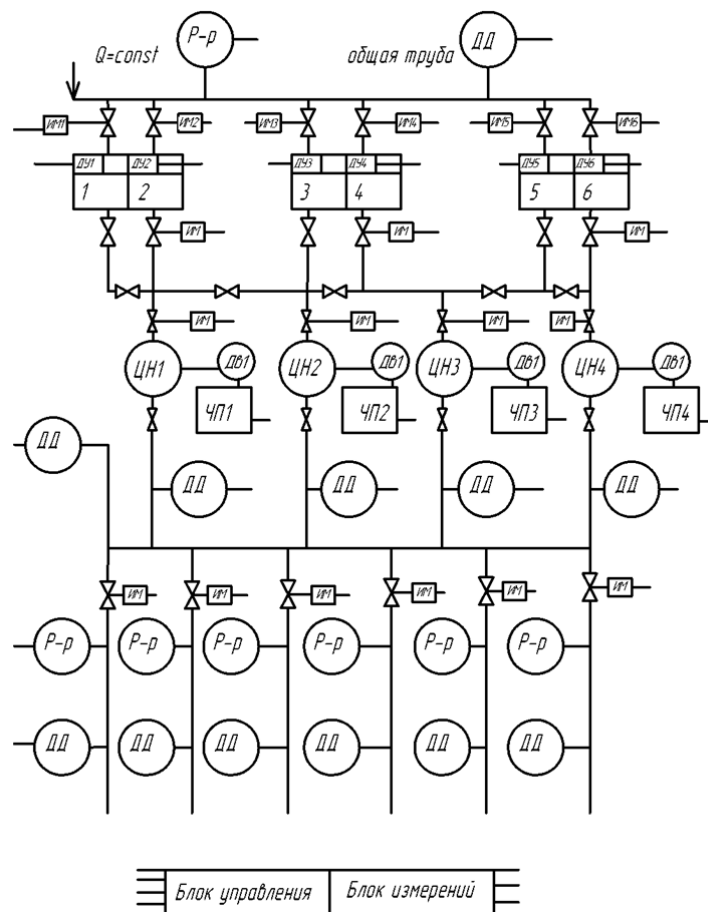


Рисунок 1 – Технологическая схема узла

Вода поступает на водонапорный узел из канала «Серверский Донец-Донбасс» по трубе большого сечения (1500мм) под высоким давлением непрерывно. Регулировать поступление воды можно только через оператора узла канала в директивном режиме: в заданное время увеличить-уменьшить подачу воды. Из одной общей трубы под давлением идет распределение воды в 6

вспомогательных сосудов баков-накопителей, объемом 5 тыс м<sup>3</sup> каждый. Уровень воды в баках накопителя ограничен  $l_{\max}, l_{\min}$  м;

Перед и после каждого бака-накопителя находятся вентили подачи воды в емкости и вывода воды из бака-накопителя, которые регулируют напор подаваемой жидкости. Из бака-накопителя вода перекачивается центробежными насосами в водопроводную сеть к потребителям. Эти насосы создают давление в потребительской водонапорной сети. Вода от насосов проходит через общий коллектор высокого давления и направляется в 4 исходящие трубы. Поток к потребителям регулируется вентилями подачи воды к потребителям.

Одновременно могут работать до 3-ех насосов. 4й насос постоянно находится в режиме горячий резерв. Режим предусматривает, что для ввода насоса в эксплуатацию достаточно нажать кнопку. Насос заполнен водой и готов к работе, вентиль запуска воды в насос открыт, вентиль вывода воды из насоса закрыт. Давление в насосах контролируется с помощью датчиков давления и изменяется с помощью частотных преобразователей.

Давление во всех трубах должно быть одинаковым, чтобы избежать перебоев, поэтому датчики давления расположены на общей трубе, общем коллекторе и на каждой трубе вывода воды к потребителям.

Вентили перераспределения предназначены для распределения воды между емкостями и насосами. При условии работы только 1го, 3го и 4го центробежного насоса второй автоматически перекрывается вентилями. Тогда вода поступает в открытые насосы и непосредственно в общую распределительную трубу к потребителям. Таким образом, вода из любой желаемой емкости попадает к потребителю через работоспособный насос.

Вентильми управляет специальный исполнительный механизм. Данные с него поступают на блок управления. Данные с датчиков и расходомеров поступают на блок измерений.

#### **Постановка задач исследования.**

Для повышения энергоэффективности водонапорного узла и уменьшения времени его реакции на изменение нагрузки САУ объекта должна выполнять следующие задачи:

1. Поддерживать давление в общем коллекторе и трубопроводах к потребителям при непостоянной нагрузке. Во всех трубах и насосах должно быть одинаковое давление. Это необходимо для того, чтобы вода не изменила свое направление движения, что может остановить работу всего узла.

2. Поддерживать заданные параметры эксплуатации оборудования узла:

- выходное давление –  $6,5 \pm 5\%$  [Атм];
- расход воды питающей узел удерживать в пределах  $[900 - 1700]$  м<sup>3</sup>/сут;
- уровни воды в баках – от 1м до 9м;
- давление и обороты насосов – 6,2 – 6,5 Атм.

3. Минимизировать энергопотребление узла.

#### **Решение задач.**

Для достижения поставленной цели необходимо спроектировать систему автоматизации, которая будет получать всю необходимую информацию о параметрах системы, которые характеризуют и влияют на ее работу.

Основная задача САУ – поддержка давления при непостоянном водопотреблении.

Измерение текущего значения давления производится при помощи датчиков давления. Обработка данных и выдача сигналов управления на насосы и задвижки будет производиться при помощи программируемого логического контроллера (ПЛК).

Аналогично будут контролироваться уровни воды в баках, температура насосов, расход воды. Для этого будут установлены следующие измерительные датчики:

- датчик уровня;
- датчик температуры;
- расходомер.

Для устранения аварийной ситуации при превышении максимального уровня воды в баке-накопителе/опустошении минимального уровня, необходимо перекрыть/открыть соответствующие вентили. При выходе давления в общем коллекторе за допустимый предел требуется

включить/отключить насос и отрегулировать угол поворота вентилей. При перегреве насоса его необходимо остановить и ввести в работу резервный.

При аварийной ситуации с захватом воздуха насосом требуется остановить насос, открыть воду для заполнения, спустить воздух и включить насос на малый разгон. Далее разогнать до обычной скорости (или помпаж).

### Моделирование узла.

Для контроля уровня воды в баках разработаем математическую модель и проведем моделирование. В качестве регулятора уровня используем ПИД-регулятор с автонастройкой.

Расчет коэффициента регулирующего органа:

$$K = \frac{F_{max} - F_{min}}{\alpha_{max} - \alpha_{min}} = \frac{1500}{90 * 3600} = 0.0046 \quad (1)$$

Уравнение уровня воды в баках-накопителях:

$$S_{сеч} \frac{dL}{dt} = F_{in} - F_{out} \quad (2)$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{1}{S_{сеч}} (F_{in} - F_{out}) = \frac{1}{500} (F_{in} - F_{out}), \quad (3)$$

где  $S_{сеч}$  – площадь поперечного сечения бака-накопителя.

Расчет передаточной функции исполнительного механизма:

$$W(s) = \frac{K_{ДВ}}{T_{ДВ}s + 1} \quad (4)$$

$$K_{ДВ} = \frac{90}{20 - 4} = 5,63 \quad (5)$$

Для моделирования баков-накопителей разработана реализация в пакете Simulink. Схема модели приведена на рис.2.

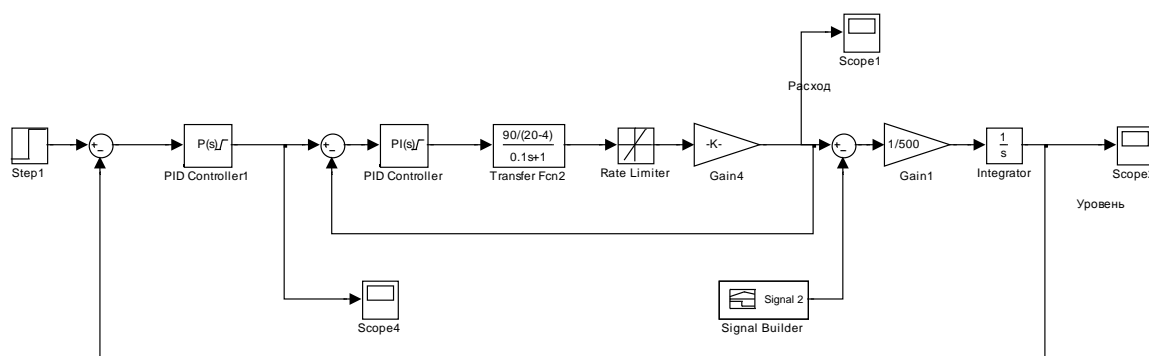


Рисунок 2 – Имитационная модель уровня воды в баке-накопителе

Результаты моделирования приведены на рис. 4.а. Уровень воды в баке за 600 с поднялся от 0 до 8 м, далее наблюдается незначительное перерегулирование и колебательный процесс, который, однако, не влияет на качество работы. Регулятор справляется с поставленной задачей.

Далее необходимо разработать систему для контроля давления воды в трубопроводе. Для этого разработаем математическую модель насоса. Зависимости, которые описывают физические процессы внутри насоса, довольно сложные и носят нелинейный характер. Поэтому вместо уравнений будем использовать табличные функции, полученные по экспериментальным данным.

Согласно выбранной модели насоса, представим его характеристики: зависимость расхода  $Q$ , [м<sup>3</sup>/ч] от мощности  $N$ , [кВт]. Представим эту зависимость в виде массива чисел:

$$N = [270, 300, 310, 380, 400, 450, 510], \text{ кВт}; Q = [0, 200, 450, 800, 1000, 1400, 2000], \text{ м}^3/\text{ч}$$

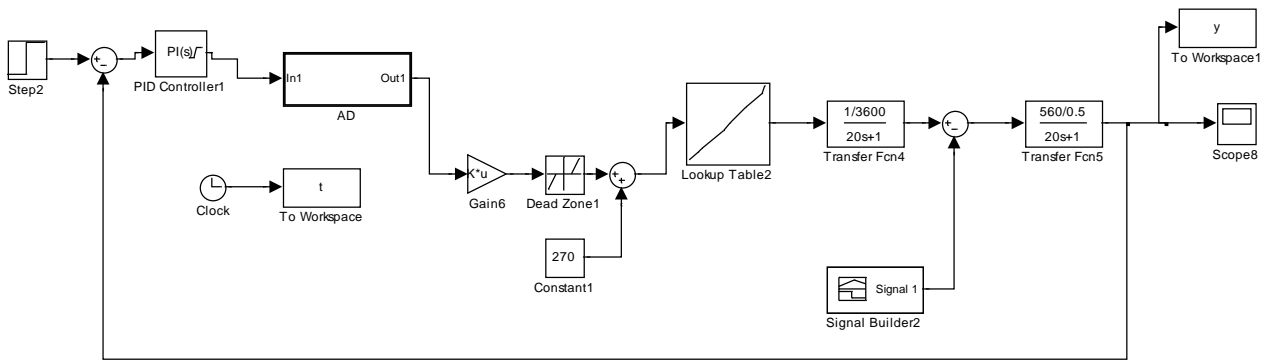


Рисунок 3 – Имитационная модель поддержания давления в общем коллекторе

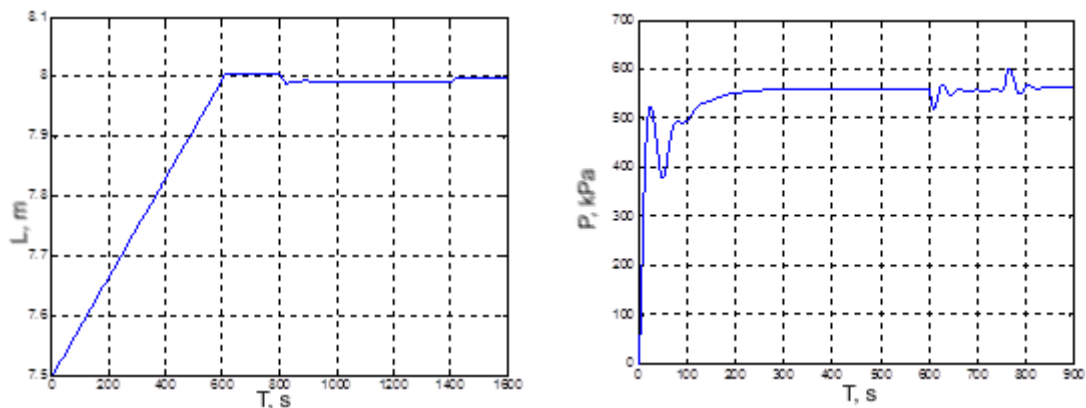


Рисунок 4 – а) Уровень воды в баке-накопителе, м б) Переходный процесс давления, кПа

Для исследования разработаем модель в пакете Simulink (см. рис.3) и получим график изменения давления при включении дополнительного потребителя (см. рис.4.б). В системе использован ПИД-регулятор с автонастройкой, наблюдается колебательный переходной процесс, что допустимо, но не желательно. Можно сделать вывод о том, что использование ПИД-регуляторов для поддержания заданного давления воды возможно, но не обеспечивает эффективную работу насосов. В рамках совершенствования системы управления узла необходимо разработать регулятор, который обеспечит изменение давления воды в выходном коллекторе без колебаний. При разработке регулятора можно использовать методику выбора параметров на основе преобразования Мебиуса [3].

**Выводы.** Разработанная модель САУ водонапорного узла позволяет промоделировать процесс водоснабжения. Опираясь на разработанные модели можно более детально изучить её сильные и слабые стороны для дальнейшего усовершенствования. Для повышения энергоэффективности системы необходимо повысить качество регулирования, минимизировав колебания и перерегулирование.

#### Перечень ссылок

1. Наказ Міністерства житлово-комунального господарства від 06.09.10 р. № 316 «Щодо розроблення схем оптимізації роботи централізованих систем водопостачання населених пунктів України».
2. Кожинов И.В. Устранение потерь воды при эксплуатации систем водоснабжения/ И.В. Кожинов, Р.Г. Добровольский/ 2-е изд., перераб. и доп.-М: Стойиздат, 1988г. – 348 с.
3. Хорхордин А. В. О выборе параметров преобразования Мебиуса при конструировании стабилизирующих регуляторов / А.В. Хорхордин, С.С. Батыр, А.А. Безрук./Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 2 (25). - Донецьк, ДонНТУ, 2013. С 152-159