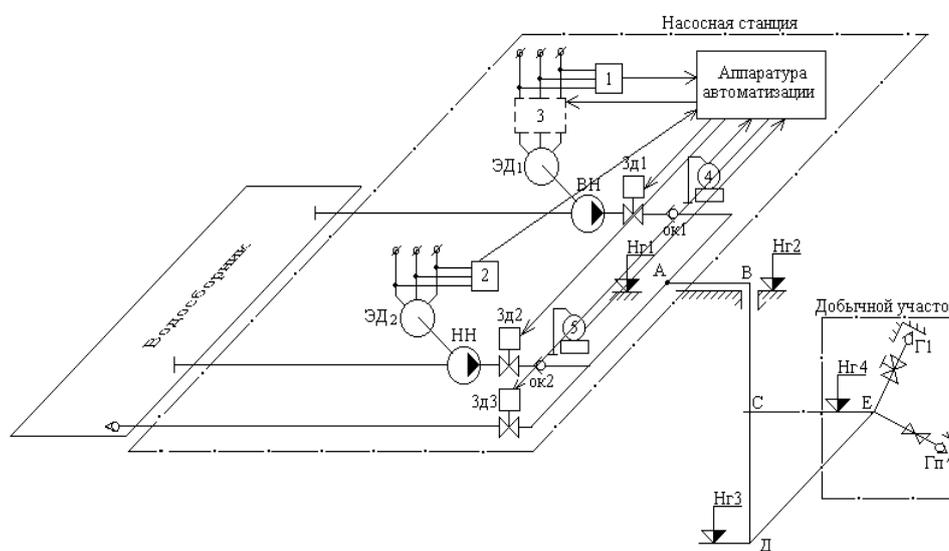


## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗАБОЕВ ГИДРОШАХТЫ

**Костин А. Ю., магистрант; Оголубченко А. С., доц., к.т.н., доц.**

*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

Технологический процесс водоснабжения забоев гидрошахты с целью гидроотбойки угля осуществляется насосной станцией, расположенной на поверхности гидрошахты. Вода в шахту поступает по трубопроводной сети, на конце которой находятся гидромониторы – добычные установки, осуществляющие отбойку угля с помощью воды. Технологическая схема насосной станции водоснабжения забоев гидрошахты представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Технологическая схема насосной станции водоснабжения забоев гидрошахты*

На рисунке 1 обозначено: ВН, НН - соответственно высоко- и низконапорные насосы; ЭД1, ЭД2 - приводные электродвигатели соответственно высоко- и низконапорных насосов; Зд1, Зд2, Зд3 - задвижки, причем задвижка Зд3 установлена на линии рециркуляции насосной станции; ОК1, ОК2 - обратные клапаны; Нг<sub>1</sub>, Нг<sub>2</sub>, Нг<sub>3</sub>, Нг<sub>4</sub> геодезические отметки трубопроводной сети А-В-С-Д-Е; Г<sub>1</sub>, Г<sub>п</sub> - гидромониторы с задвижками; 1,2 – преобразователи активной мощности, потребляемой приводными электродвигателями соответственно насосов ВН и НН; 3- устройство регулирования частоты вращения приводного электродвигателя высоконапорного насоса; 4,5 – манометры с электрическим выходным сигналом.

Насос НН предназначен для заполнения водой трубопроводной сети в период пуска насосной станции. Насос ВН подает воду к открытым гидромониторам для отбойки угля.

Как показал опыт эксплуатации насосной станции, станция имеет два режима работы, которые могут рассматриваться как самостоятельные и последовательно выполняемые: режим пуска и режим работы при отбойки угля открытыми гидромониторами (рабочий режим) [1]. Каждый из режимов оказывает существенное влияние на эффективность функционирования как самого процесса водоснабжения, так и взаимосвязанных с ним технологических процессов гидроотбойки и гидротранспорта.

Режим пуска насосной станции представляет собой совокупность последовательно выполняемых двух операций: заполнение водой трубопроводной сети низконапорным насосом с поверхности шахты; включение высоконапорного насоса. Заполнение водой

трубопроводной сети осуществляется с целью удаления свободного объема воздуха из сети. Наличие воздуха в сети при включении высоконапорного насоса вызывает опасный гидравлический удар, который может привести к разрушению водоводов, насосов, гидромониторов, а, следовательно, к прекращению работы добычного участка. Кроме того, порыв водоводов не безопасен для рабочих забоев. Время заполнения значительное (порядка 30-40 минут) и переменное, что обусловлено: большим объемом трубопроводной сети; неопределенностью удаления воздуха из сети (сложная конфигурация сети, наличие нисходящего вертикального участка); количество подготовленных к работе гидромониторов (с открытой задвижкой перед ним); параметрами низконапорного насоса; наличием незаполненных водой участков сети, которое может быть различно, в зависимости от проведения ремонтных работ, утечек и т.д. Так как требуемое время переменное, то отсутствие контроля процесса заполнения, во-первых, приводит к перерасходу воды, которая расходуется непроизводительно, загружает гидротранспортную систему и должна быть выдана на поверхность шахты, на что тратится бесполезно электроэнергия, а, во-вторых, увеличивает потери добычи угля по причине простоя добычных установок забоев. Например, если пуск насосной станции, оборудованной насосами типа ЦНСГ 850х960 с приводными синхронными электродвигателями типа ДСП 140/74-УХПУ мощностью 3150 кВт каждый, осуществляется порядка 600 раз в год, при среднем времени заполнения 37 минут, то в шахту подается порядка 334800 м<sup>3</sup> воды. Расход электроэнергии на подачу этого объема воды в шахту составляет 118400 кВт ч, а на выдачу его на поверхность шахты (через систему напорного гидротранспорта углесосами 14УВ-6 и У900 с приводными электродвигателями мощностью 600 кВт и 320 кВт соответственно) составляет 2594700 кВт ч. Если обеспечить минимально необходимое время заполнения, то время пуска уменьшится в среднем на 14 минут, что приведет к уменьшению расхода электроэнергии на 21 % и снижению потерь добычи угля на 12%.

После окончания процесса заполнения водой трубопроводной сети осуществляется подключение к ней высоконапорного насоса. Так как используются мощные насосы, то бесконтрольность и неуправляемость этого процесса приводит к возникновению опасных гидравлических ударов. По этой причине вызваны до 20% аварий в системе водоснабжения.

Таким образом, пуск насосной станции должен быть контролируемым и управляемым. Критерий управления насосной станцией в режиме пуска можно сформулировать как обеспечение минимально необходимого времени заполнения водой трубопроводной сети при условии отсутствия опасных гидравлических ударов в гидросистеме:

$$t_3(V_3, p_3, L_c, D_c, n_p, \Delta t) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при условии

$$p_3(x,t) \leq k_p \cdot p_p, \quad 0 \leq x \leq L_c, \quad t > 0+; \quad V_3 > V_{кр},$$

где  $k_p$  – коэффициент запаса прочности трубопровода по давлению,  $k_p=1,25$ ;  $p_p$  – рабочее давление воды, на которое рассчитывается трубопровод при проектировании;  $V_{кр}$  – критическая скорость потока воды ниже которой не происходит вынос воздуха,  $V_{кр}=2$  м/с;  $L_c$  и  $D_c$  – длина и диаметр трубопровода.

В соответствии с приведенным критерием управления к системе автоматического управления насосной станцией в режиме пуска станции предъявляются следующие требования: обеспечить минимально необходимое время заполнения водой трубопроводной сети; формировать «Совет диспетчеру» на подачу команды включения высоконапорного насоса.

Насосная станция в рабочем режиме обеспечивает гидромониторы водой для отбойки угля. Технология гидроотбойки такова, что количество гидромониторов в работе в течение смены переменное, что обуславливает соответствующие колебания потребления воды забоями и соответствующее изменение рабочего режима высоконапорного насоса. Для иллюстрации вышесказанного, на рисунке 2 приведены режимы работы насоса ЦНСГ при водоснабжении забоя с четырьмя гидромониторами (параметры трубопроводной сети и гидромониторов не приведены в силу ограниченного объема статьи). На рисунке 2

обозначено: кривая 1,2,3,4 – характеристика сети соответственно при одном, двух, трех и четырех открытых гидромониторах; кривая 5 – напорная характеристика насоса; точки А,В,С, Д – рабочие точки насоса при одном, двух, трех и четырех открытых гидромониторах. Потребление воды в забое изменяется от 180 до 703 м<sup>3</sup>/ч, что вызывает колебания давления воды как у насоса от  $p_4 = 7,2$  мПа (при четырех открытых гидромониторах) до  $p_1 = 8,8$  мПа (при одном открытом гидромониторе), так и у гидромониторов от 6,8 мПа до 10,5 мПа. Известно, что производительность гидромонитора по отбойке для конкретных горно-геологических условий (мощность угольного пласта, условный предел прочности угля), условий выемки (размеры заходки) и параметров гидромонитора (диаметр насадки) зависит от величины давления воды перед гидромонитором. Для эффективной гидроотбойки оно должно быть не ниже 10 мПа [1].

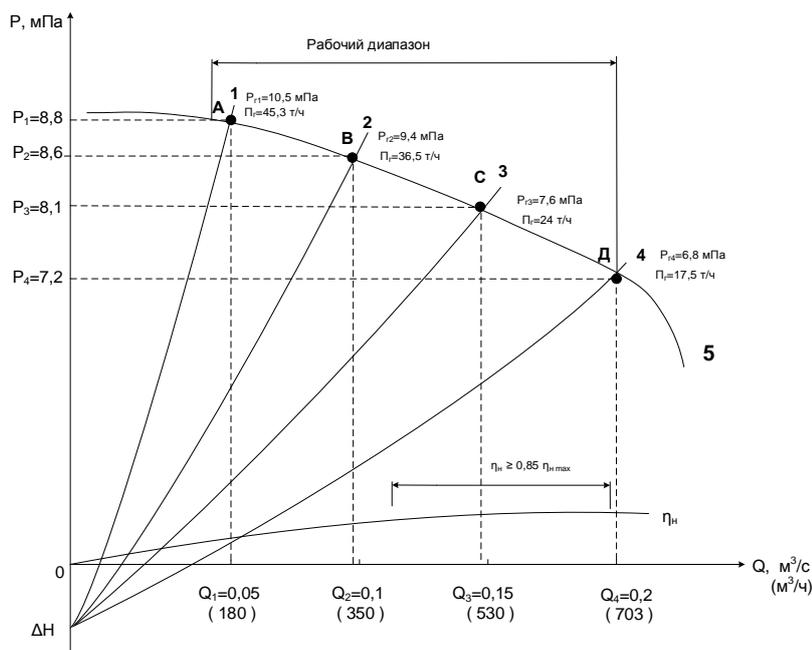


Рисунок 2 – Режимы работы насоса ЦНСГ при водоснабжении забоев

Однако, как видно из рисунка 2 величина давления воды перед гидромониторами, в зависимости от числа открытых гидромониторов, колеблется. Максимальное уменьшение величины давления воды перед гидромониторами на 27,6 % приводит к снижению на 52% производительность гидроотбойки (снижается от  $П_{г1} = 45,3$  т/ч до  $П_{г4} = 17,5$  т/ч). С другой стороны, рост давления воды при постоянном диаметре насадки для стационарной струи увеличивает расход воды, а следовательно, и потребляемой энергии, уменьшается консистенция гидросмеси, которая поступает в гидротранспортную систему. При увеличении значения давления возникает также опасность повышения его свыше предельных значений (из условия прочности трубопроводов), что может привести к разрушению элементов гидросистемы, а следовательно, к потерям материальных ресурсов и не безопасности для рабочего персонала. При этом расход воды на тонну добываемого угля составляет 1:30, что значительно превышает расчетный (1:3÷1:5). Это приводит к большому удельному расходу электроэнергии на водоснабжение. Эта величина составляет 70 кВт.ч/т, в то время как энергоёмкость гидроотбойки составляет 5-15 кВт.ч/т [1]. Кроме того, снижается пропускная способность и увеличивается энергоёмкость гидротранспорта.

При проектировании системы водоснабжения не удастся путем согласования напорных характеристик насоса и трубопроводной сети обеспечивать требуемые параметры воды в забой для эффективной гидроотбойки при переменном количестве открытых гидромониторов. Что вызывает необходимость управления режимами работы насосов

насосной станцией. Критерий управления насосной станцией в рабочем режиме гидромониторов формулируется как обеспечение непрерывной подачи в забой воды необходимого количества и требуемого давления для эффективной гидроотбойки при условии безаварийной эксплуатации насосов и трубопроводной сети. В соответствии с приведенным критерием управления, к системе автоматического управления насосной станцией в рабочем режиме гидромониторов предъявляются следующие требования: обеспечивать расчетные параметры потока воды гидромониторам при различных эксплуатационных режимах работы забоев; обеспечивать защиту трубопроводной сети от недопустимого (из условия прочности) повышения давления воды; обеспечивать непрерывность водоснабжения при периодическом временном отключении гидромониторов забоя.

На рисунке 3 приведена структурная схема системы автоматического управления насосной станцией водоснабжения забоев гидрошахты.

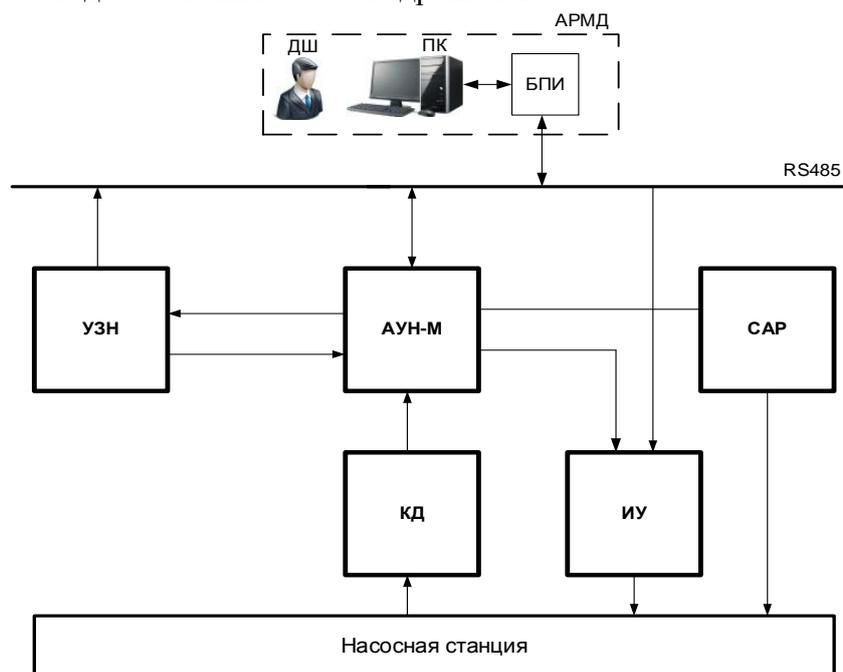


Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматического управления насосной станцией водоснабжения забоев гидрошахты

На рисунке 3 обозначено: АРМД – автоматизированное рабочее место горного диспетчера шахты; БПИ – устройство согласования интерфейсов RS485 и RS232; ПК – промышленный компьютер; ДШ – горный диспетчер шахты; УЗН – устройство автоматического пуска насосной станции; АУН-М – аппаратура автоматического управления насосной станцией; САР – система автоматического регулирования подачи высоконапорного насоса; КД – комплекс датчиков; ИУ – исполнительные устройства.

Система автоматического управления двухуровневая. На верхнем уровне управления, с помощью комплекса устройств АРМД, система управления выполняет следующие функции:

- 1) сбор, обработка, хранение и представление диспетчеру шахты (при необходимости и оператору насосной станции) информации о работе насосной станции и системы управления;
- 2) анализ работы насосной станции в системе гидроотбойки и гидротранспорта и при необходимости формирование команд пуска и остановки насосов насосной станции, команд на изменение рабочего режима высоконапорных насосов;
- 3) визуализация на дисплее компьютера ПК текущих значений технологических параметров водоснабжения и рабочих режимов насосов насосной станции;
- 4) обмен информацией в режиме реального времени между смежными системами управления, с использованием промышленной сети.

На нижнем уровне управления, микропроцессорное устройства УЗН обеспечивает пуск насосной станции. В общем управление осуществляется следующим образом [2]. При поступлении команды с верхнего уровня на пуск насосной станции, включается низконапорный насос НН, который заполняет водой трубопроводную сеть. Далее, в устройстве УЗН с использованием специальной математической модели рассчитывается необходимое минимальное время заполнения водой трубопроводной сети. По истечении расчетного времени и в зависимости от количества открытых гидромониторов в забое, формируется «Совет диспетчеру» шахты на подачу команды в аппаратуру АУН-М на включение высоконапорного насоса.

В рабочем режиме гидромониторов, в зависимости от их количества, системой САР осуществляется регулирование частоты вращения приводного электродвигателя насоса таким образом, чтобы у открытых гидромониторов создавалась требуемое значение давления воды из условия расчетной производительности. При этом следует отметить, что систему водоснабжения необходимо проектировать таким образом, чтобы высоконапорный насос при номинальной частоте вращения обеспечивал требуемые параметры воды максимально возможному количеству одновременно открытых гидромониторов в забое. Тогда при закрытии гидромониторов возможно соответствующее снижение частоты вращения приводного электродвигателя высоконапорного насоса.

Микропроцессорная аппаратура автоматического управления насосной станцией АУН-М выполняет следующие функции:

1) сбор, обработка и хранение информации о текущих параметрах насосной станции: состояние насосов (вкл. – выкл.), состояние задвижек (откр.– закр.), величина давления воды в нагнетательном трубопроводе работающего насоса, величина расхода электроэнергии, величина подачи насоса. Причем значение подачи  $Q$  насоса ЦНСГ вычисляется по математической зависимости [3]:

$$Q = 1,15 - 9,59 \cdot 10^{-7} \cdot p - 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot P_a + 1,31 \cdot 10^{-12} \cdot p \cdot P_a,$$

где  $p$  – величина давления воды в трубопроводе на нагнетании насоса;  $P_a$  – величина активной мощности, потребляемой приводным электродвигателем высоконапорного насоса.

2) в результате анализа текущей информации формирование управляющих команд в системе управления: включение – выключение низконапорных и высоконапорных насосов, регулирование режимов работы высоконапорных насосов, открытие – закрытие задвижек;

3) управление исполнительными устройствами насосной станции;

4) передача информации и прием команд управления от комплекса устройств АРМД.

Физическую и логическую связь между микроконтроллерами аппаратуры автоматизации на нижнем уровне и компьютером ПК на верхнем уровне управления в единую систему автоматического управления обеспечивает промышленная сеть PROFIBUS.

#### Перечень ссылок

1. Основы управления гидроэнерготранспортными системами угольных шахт / В. И. Груба [и др.] ; под ред. В. И. Грубы // ДПИ, Науч.-техн. центр гидромеханизации (НУМЕС). – Донецк : Донбасс, 1993. – 225 с.

2. Оголобченко, А. С. Автоматическое управление пуском высоконапорной насосной станции / А. С. Оголобченко, Э. К. Никулин, Б. В. Гавриленко // Научные труды Донецкого национального технического университета. – Донецк : ДонНТУ, 2001. – № 25 – С. 34 – 38. – (Серия «Вычислительная техника и автоматизация»).

3. Костин, А. Ю. Косвенный контроль подачи насосной установки системы водоснабжения забоев гидрошахты / А. Ю. Костин, А. С. Оголобченко // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных работ XVI международной научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 25–26 мая 2016. – Донецк : ДонНТУ, 2016. – С.131 – 134.