

УДК 004.942

С. М. Романчук

## АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Предложены алгоритмы автоматического управления режимами работы оборудования водопроводных узлов, подкачивающих насосных станций и участков водопроводных сетей. Определены оптимальные параметры функций временной модуляции давлений и расходов воды для 117 объектов управления процессом водоснабжения города Донецка.

*Ключевые слова:* водораспределение, гидравлический расчет, мониторинг, информационная модель.

**Введение.** Современное развитие коммунального хозяйства больших городов предусматривает ускоренную реконструкцию объектов водоснабжения. Практика работы крупных предприятий водоснабжения показывает, что наилучший результат может быть получен при использовании комплексного подхода, который включает модернизацию оборудования и применение средств автоматизации на всех уровнях системы водоснабжения, в том числе диспетчерского управления и учета энергоресурсов. Обычно внедрение комплексных систем автоматизации на базе современных программно-технических комплексов осуществляется предприятиями водоснабжения поэтапно с постепенным увеличением сложности систем [1–5]. АСУ ТП водоснабжения и водоотведения призваны обеспечивать оптимальное ведение технологических процессов.

Обычно развитые АСУ ТП предприятий водоснабжения и водоотведения могут обрабатывать до 4000–5000 каналов физических сигналов и выдавать управляющие сигналы по каналам управления, количество которых может достигать до 500–1000. Сегодня уже можно говорить о существовании систем водоснабжения городов с множественными элементами регулирования.

Анализ и обзор литературных источников показал, что развитие АСУ ТП предприятий водоснабжения и водоотведения идет по пути совершенствования технических средств мониторинга и передачи данных, а также модернизации локальных систем автоматического управления работой оборудования на объектах. Диспетчеризация технологических процессов в основном осуществляется по пути сбора и представления данных и сигнализации о возникновении нерасчетных режимов, при этом диспетчерское управление объектами направлено на корректировку допустимых параметров технологических процессов. На удаленных локальных объектах преобладает микропроцессорное управление режимами работы оборудования и водораспределения. Сбор и обработка информации в АСУ ТП ведется путем измерения, контроля и учета текущих значений параметров способом периодического циклического опроса датчиков и приборов или способом целенаправленного опроса в случае изменения режима работы оборудования. В этом случае регулирование работы оборудования осуществляется преимущественно локально на основе микропроцессорных систем, позволяющих автоматизировано обеспечить поддержание заданных режимных показателей.

Технологический режим любого объекта водоподачи и водораспределения при автоматическом регулировании будет существенно зависеть от принятых алгоритмов управления водоснабжением. Как показано в работах [6], закономерности формирования технологических режимов в системах водоснабжения с развитыми элементами автоматического регулирования имеют существенные отличия по сравнению системами водоснабжения без регулирования. Это объясняется исключительно влиянием системы управления на текущую работу средств водоподачи и водораспределения.

Обычно алгоритмы оперативного управления оборудованием длительно отрабатываются опытным путем в натуральных условиях и после апробации начинают внедряться на объектах управления водоснабжением городов. Целью данной работы является формулировка задач оперативного управления технологическими режимами и задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций, а также эффективных алгоритмов решения этих задач.

**Оперативное управление городскими системами водоподачи и водораспределения.** Структура городской системы водоснабжения зависит от планировки города, рельефа местности, расположения водопроводных узлов (ВУ) и подкачивающих насосных станций (НПС), разветвленности водораспределительных сетей и особенностей объектов водоснабжения. Несмотря на разнообразие схем водоснабжения, можно выделить несколько основных типовых подсистем, из которых состоит большинство городских систем водоснабжения:

- *варіант 1* – водопроводний вузол, працюючий на протяжений ділянку водорозподільної мережі, яка, в свою чергу, забезпечує подачу води до різних ПНС і ділянкам водорозподільної мережі;
- *варіант 2* – підкачуюча насосна станція, працююча спільно з ділянку водорозподільної мережі, яка забезпечує водою багатоквартирні будинки різної поверхності або одноповерховий приватний сектор;
- *варіант 3* – протяжені ділянки водорозподільної мережі між контрольними точками, де відсутні ПНС, але є окремі споживачі.

Системи автоматичного управління технологічними режимами для вказаних підсистем будуються на основі поєднання різних алгоритмів управління типовими елементами, що входять до складу даного технічного об'єкта.

Аналіз АСУ ТП великих підприємств водного господарства показав, що архітектура систем зазвичай має три рівні і включає: центральний диспетчерський пункт; середній рівень, який може бути прив'язаний до ряду великих об'єктів; і нижній рівень, на якому забезпечується моніторинг і управління на місцевих об'єктах. На рис. 1 наведено типову схему технічного рішення автоматизації сучасного підприємства водного господарства.

На центральному рівні зазвичай реалізуються функції контролю показників роботи найбільш важливого обладнання і параметрів технологічних процесів, візуалізація, архівування і документування інформації, урахунок витрат ресурсів по всіх об'єктах і статистичне узагальнення даних, координація управління підсистемами, розрахунок техніко-економічних показників, прогнозування ходу технологічних процесів і визначення їх раціональних режимів.

На середньому рівні реалізуються функції моніторингу показників роботи обладнання і параметрів технологічних процесів групи об'єктів, архівування і документування інформації, урахунок витрат ресурсів, управління обладнанням, функції оперативного урахунок параметрів, деякі прогнозні, діагностичні і розрахункові завдання.

На нижньому рівні реалізуються функції діагностики обладнання і моніторингу технологічних процесів місцевих об'єктів, програмно-логічного управління агрегатами і запірною апаратурою, протипожевної захисту і блокування, урахунок спожитих ресурсів, передачі необхідної інформації на верхні рівні і т.д. Для вирішення цих завдань зазвичай використовується звичайно програмований контролер, який реалізує систему автоматизації місцевого об'єкта в автоматичному або дистанційному режимі управління і організує передачу даних по телефонній або оптичній лінії, по радіоканалу або GSM-каналі.

Найбільш важливими є завдання оперативного управління підсистемами по факту підтримання ефективних і оптимальних режимів, що дозволяють забезпечити економію електроенергії і води, а також завдання розпізнавання виняткових режимів і аварійних ситуацій. В даний час при створенні алгоритмів оперативного управління і підтримання ефективних і оптимальних режимів роботи ВУ і ПНС в більшості випадків не проводяться гідравлічні розрахунки водопровідних мереж і не використовуються прийняті при проектуванні традиційні моделі водорозподілення – розрахункові схеми водопровідних мереж. Це пов'язано з складністю отримання даних про фактичні і необхідні значення вузлових витрат для кожного часу передбачуваних діб, надмірно великими для оперативного управління витратами машинного часу на проведення розрахунків навіть при використанні потужних сучасних ЕВМ, а також великою кількістю необхідних вихідних даних, надзвичайно високою їх невизначеністю і низькою надійністю.

Зазвичай для підтримання ефективних і оптимальних режимів роботи ВУ і ПНС використовуються тільки дані про напори на насосних станціях і значення тисків в диктуючих точках водопровідних

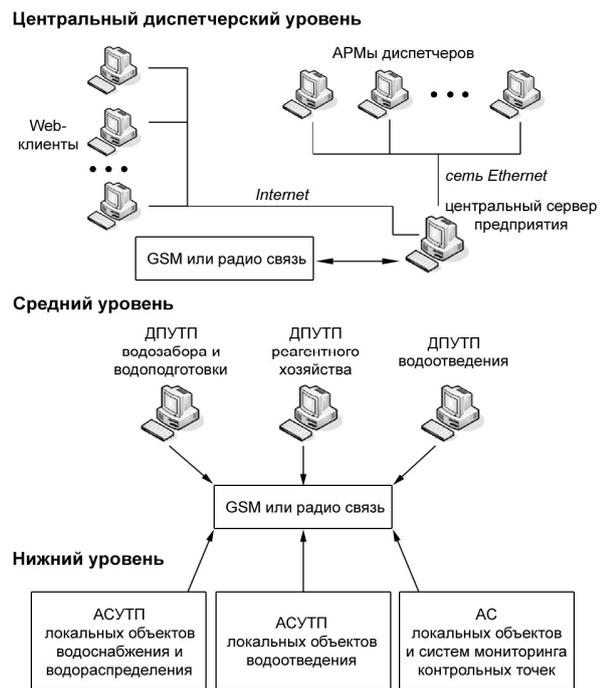


Рис. 1. Типовое решение автоматизации предприятия водного хозяйства

сетей. При этом для расчета режимов работы насосных станций используют обобщенные математические модели, выражающие взаимосвязь напора  $\Delta h$  с расходом воды  $Q$ , который обеспечивается насосной станцией, и давлением  $P_d$  в диктующей точке сети:

$$\Delta h = P_d + a + b \cdot Q + c \cdot Q^2, \quad (1)$$

где  $a, b, c$  – коэффициенты, полученные в результате статистической обработки данных о параметрах работы насосных станций и участков водопроводной сети. Считается, что использование математических моделей (1) существенно облегчает расчет режимов насосных станций при достаточной для практических целей точности решения. В целях повышения точности обычно производят периодическое уточнение моделей, т.е. программа расчета включает блок идентификации параметров модели.

Существенным недостатком данного подхода является факт того, что гидравлические модели, принятые при расчетах водопроводных сетей без элементов регулирования, априори переносятся на водопроводные сети с элементами автоматического управления технологическими режимами. При использовании современных АСУ ТП данный подход не является правомерным. В связи с тем, что для регулирования используются различные алгоритмы поддержания технологических режимов, колебания водопотребления могут иметь специфический характер. Например, в случае, когда АСУ за счет систем частотного регулирования насосами ПНС обеспечивает поддержание заданного давления на линии подачи воды в сеть, энергопотребление ПНС уже в меньшей степени будет определяться водопотреблением сети, а в большей степени будет зависеть от давления воды на линии входа в ПНС. При этом давление на линии подачи обычно задается на основе данных, полученных при длительной эксплуатации конкретного участка водораспределительной сети, особенностей данного участка и экспертной оценки отзывов местного населения о качестве процесса водоснабжения.

Оперативное управление технологическими режимами работы ВУ и ПНС следует осуществлять путем декомпозиции этой задачи на ряд последовательно решаемых подзадач. Целевой функцией оптимизации технологических режимов насосной станции будет являться минимизация ее энергетических затрат при обеспечении бесперебойной подачи воды потребителю и при соблюдении заданного напора в контрольных точках водопроводной сети в соответствии с реальным режимом водопотребления. Оперативное управление для приведенных ранее типовых подсистем городских систем водоснабжения производится в такой последовательности.

*Вариант 1.* Водопроводный узел, обеспечивающий водой определенную территорию города, является наиболее сложным типовым объектом городской системы водоснабжения. Оперативное управление ВУ с целью поддержания эффективных и оптимальных режимов, позволяющих дать экономию электроэнергии и воды, осуществляется по трем направлениям:

- обеспечение необходимых объемов воды в резервуарах ВУ;
- поддержание эффективных режимов работы насосных станций, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии;
- обеспечение требуемых расходов на линиях подачи воды потребителям.

В первом случае путем непрерывного синусоидального изменения расхода воды на приходе в течении суток обеспечивается повышенное накопление воды в резервуарах. Ночью поступление воды в резервуары увеличивается по сравнению с дневным периодом, чем обеспечивается к утру требуемый объем воды в резервуарах ВУ. Увеличение расходов позволяет за ночь сделать необходимый запас воды на период дневного водоснабжения, когда расходы воды на потребление увеличиваются. Для этого система автоматического регулирования настраивается на поддержание заданных максимальных и минимальных уровней воды в резервуарах. Регулирование осуществляется изменением проходного сечения автоматизированной задвижки на приходе. Параметры функции управления расходами воды определяются эмпирически путем длительной эксплуатации оборудования ВУ.

Поддержание эффективных режимов работы насосных станций ВУ осуществляется путем ступенчатого изменения давления воды – ночью давление на выходе ВУ поддерживается существенно меньше, чем днем. Кроме того, система автоматического регулирования насосных агрегатов настроена на поддержание на гребенке ВУ постоянного давления воды при ее подаче в общую сеть. Регулирование осуществляется изменением скорости вращения рабочих колес насосов путем микропроцессорного управления частотными преобразователями, позволяющими изменять скорость вращения электродвигателей.

Обеспечение требуемых расходов на линиях подачи воды потребителям также осуществляется автоматически за счет перераспределения гидравлического сопротивления на различных линиях подачи воды. Регулирование осуществляется изменением проходного сечения автоматизированных задвижек на линии подачи воды потребителям. Это позволяет автоматически поддерживать заданный расход на каждой линии подачи воды потребителям.

*Вариант 2.* Типовая подсистема, которая включает подкачивающую насосную станцию и участок водораспределительной сети многоэтажных или одноэтажных домов является наиболее распространенным объектом водоснабжения, требующим регулирования. Оперативное управление подсистемой с целью поддержания режимов, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии и воды, осуществляется с помощью регулирования подачи воды потребителям. В этом случае обеспечивается ступенчатое изменение давления воды – ночью на выходе ПНС, подающих воду на многоэтажные дома, поддерживается давление воды на 0,7–0,8 атм ниже, чем днем. Снижение давления воды в течении суток позволяет уменьшить мощности насосов при обеспечении различных расходов воды днем и ночью. Кроме этого системы автоматики большинства насосных агрегатов настроены на поддержание на выходе ПНС постоянного давления воды при ее подаче в сеть. Регулирование осуществляется изменением скорости вращения рабочего колеса насоса путем микропроцессорного управления частотными преобразователями. Параметры функций управления устанавливаются для каждой ПНС эмпирически.

Аналогично осуществляется управление водоснабжением одноэтажного частного сектора. Однако на линиях подачи воды в частный сектор устанавливаются автоматические задвижки, настроенные на поддержание заданного (более низкого) давления. Это позволяет исключить порывы трубопроводов, которые могут быть связаны с высоким давлением, создаваемым насосами ПНС, а также гидростатическими напорами, возникающими при перепаде высот. Давление воды для каждого участка при ее подаче в сеть устанавливается эмпирическим по качеству водоснабжения населения при длительной эксплуатации объекта водоснабжения.

*Вариант 3.* Протяженные участки водораспределительной сети между контрольными точками, где отсутствуют ПНС, но есть потребители, регулируются по давлению в диктующих или контрольных точках. Обычно в таких точках устанавливаются автоматические задвижки, поддерживающие заданное давление, и информация с данной контрольной точки передается диспетчеру для принятия управляющего решения.

Наиболее важным элементом управления водоснабжением является установление оптимальных эксплуатационных режимов по каждому объекту водоподдачи и водоснабжения. Для эффективного регулирования режимов работы на каждой станции разрабатывается организационное и технологическое обеспечение – режимные карты и типовые графики, регламентирующие условия различных способов регулирования в зависимости от реальных режимов водопотребления.

Методика отработки алгоритмов автоматического управления объектами предполагала на основе изучения и обобщения опыта эксплуатации объекта и анализа данных технологического мониторинга подготовку предложений по оптимизации режимов работы объекта и выбору способов и параметров автоматического регулирования. После этого по результатам анализа разрабатывались режимные карты, графики водоснабжения и технологические инструкции, которые передавались на объекты на которых предполагалась реализация систем автоматического регулирования. Далее проводилась модернизация объектов водоснабжения, объекты оборудовались средствами автоматического регулирования и управления, вносились изменения в программы систем автоматизированного управления (САУ) и проводились длительные режимно-наладочные испытания по отработке параметров алгоритмов автоматического регулирования. В процессе режимно-наладочных испытаний по каждому объекту выполнялось:

- ознакомление с работой и с проектными данными объекта водоподдачи;
- составление программы и методики испытаний средств автоматического регулирования;
- проведение подготовительных и пробных работ для проверки работы оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств управления;
- проведение основных программных работ, обработка результатов измерений и составление сводных таблиц и графиков;
- составление технического отчета, режимных карт и мероприятий, направленных на отработку оптимальных алгоритмов управления объектами.

Разработка алгоритмов автоматического управления предусматривала также распознавание внештатных технологических ситуаций и аварийных режимов, которые могут возникнуть при эксплуатации системы водоснабжения. С этой целью проводился опрос диспетчеров, механиков и работников инженерных служб различных предприятий водоснабжения по выявлению внештатных ситуаций, и устанавливались закономерности в работе системы, которые позволяют распознать внештатные режимы и аварийные ситуации.

Распознавание внештатных режимов и аварийных ситуаций для каждой из выделенных типовых подсистем городской системы водоснабжения проводится применительно к определенному событию в отдельности. Перечень внештатных режимов и аварийных ситуаций для различных объектов водоподдачи и водораспределения приведен в табл. 1.

Перечень внештатных и аварийных ситуаций возникающих при эксплуатации городских систем водоснабжения

№	Внештатная или аварийная ситуация	Характеристика ситуации и условия ее распознавания
Водопроводные узлы		
1	Резкий рост расхода воды на гребенке линий подачи	Возможны аварии, порывы на трубопроводах, резкие отборы воды и т.д. Распознается по резкому увеличению расхода на гребенке и подающих трубопроводах ВУ
2	Отсутствие расхода воды на приходе ВУ	Возможен порыв подающего магистрального трубопровода, прекращение подачи воды от поставщика Распознается по резкому снижению расхода на приходе
Подкачивающие насосные станции		
3	Прекращение подачи электроэнергии на ПНС	Возможен обрыв фазы, обесточивание района электроснабжения и т.д. Распознается по исчезновению напряжения на вводе
4	Отсутствие расхода воды на линии входа в ПНС	Возможен порыв подающего трубопровода, неправильное регулирование подачи воды на ВУ Распознается по падению давления на линии входа
Участки водопроводной сети		
5	Неисправность задвижек	Возможен разрыв корпуса, аварийное закрытие (опускание дисков) и т.д. Распознается по резкому повышению или падению давления в контрольной точке
6	Резкое увеличение или уменьшение расхода	Возможен несанкционированный отбор воды, рост потребления в жаркую погоду, порывы водоводов и т.д. Распознается по резкому изменению расхода воды по сравнению с предыдущим периодом на контрольной точке

Каждая ситуация, должна предусматривать определенный алгоритм распознавания, который дает возможность выявить характерные неблагоприятные события, обеспечить представление оперативной информации диспетчеру и реализовать функции управления или функции защиты, позволяющие предотвратить развитие этой ситуации.

Всего в процессе работы были разработаны режимные карты и графики водоснабжения, а также отработаны параметры алгоритмов автоматического регулирования для 117 объектов управления системы водоснабжения города Донецка (30 % каналов по регулируемым задвижкам, 50 % каналов по частотным регуляторам электродвигателей и 20 % других каналов управления).

Формулировка задач оперативного управления по поддержанию эффективных и оптимальных режимов, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии и воды, а также задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций позволила разработать алгоритмы управления технологическими режимами систем водоснабжения с множественными элементами автоматического регулирования.

**Алгоритмы управления технологическими режимами системы водоснабжения города.** Для решения задач оперативного управления подсистемами по факту поддержания эффективных режимов, а также задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций, необходимо иметь формализованное представление объектов автоматизации в виде гидравлических моделей с сосредоточенными параметрами или в виде статистических моделей. При отработке алгоритмов построение моделей объекта управления является первоочередной задачей, которую следует решать при разработке систем управления. Это является определяющим условием, при котором обычные математические модели объектов управления заменяют информационными моделями, позволяющими опытным путем подобрать функции временной модуляции давления или расхода и определить их параметры.

Под информационной моделью территориально-распределенной системы водоснабжения с множественными элементами регулирования будем понимать взаимосвязанный комплекс объектов управления водоподачей и водораспределением, который включает в себя:

- статистические модели объектов водоподдачи и водораспределения вида [6], адекватно отражающие закономерности водоснабжения;
- информационные базы данных ретроспективной и текущей технологической информации, собранной системой мониторинга;
- алгоритмы и программное обеспечение управления работой оборудования и средствами регулирования, которые реализуют эффективные технологические режимы, позволяющие экономить электро-

енергию и воду и рекомендованные к применению по результатам длительной эксплуатации системы водоснабжения;

- алгоритмы распознавания внештатных технологических режимов и алгоритмы защиты от возникновения аварийных ситуаций.

Наиболее важной задачей при создании информационных моделей систем водоподачи и водораспределения является установление оптимальных функций модуляции для управления объектами водоснабжения. Временная функция модуляции позволяет с определенной периодичностью изменять в течении суток давление или расход воды в диктующих точках сети. Это осуществляется путем реализации алгоритмов регулирования и управления объектом через микропроцессорную систему управления. Считается, что управление давлением за счет временной модуляции дает больший эффект при экономии энергии.

Временные функции модуляции определялись опытным путем с помощью изменения режимов водоснабжения объектов Киевского района г. Донецка. Данные функции позволили разработать алгоритмы управления объектами, которые включены в режимные карты, графики водоснабжения и технологические инструкции эксплуатации объектов городских систем водоснабжения.

Управление водопроводными узлами. В процессе длительной эксплуатации системы водоснабжения был отработан алгоритм управления работой оборудования ВУ, который реализует эффективный технологический режим, обеспечивающий экономию электроэнергии и воды. Временные функции модуляции для давления и расхода воды определялись опытным путем за счет реализации различных вариантов графиков управления оборудованием.

Данный алгоритм регулирования подачи воды потребителям в г.Донецке предполагает ступенчатое изменение давления воды за счет автоматического регулирования насосного агрегата путем поддержания на гребенке постоянного давления воды:

- ночью с 23<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> давление воды на гребенке поддерживается равным 1,0 атм;
- утром с 6<sup>00</sup> до 10<sup>00</sup> – 2,8 атм;
- днем с 10<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup> – 2,3 атм;
- вечером с 18<sup>00</sup> до 23<sup>00</sup> – 2,8 атм.

Регулирование по поддержанию эффективных режимов работы насосной станции осуществляется путем микропроцессорного управления частотными преобразователями, позволяющими изменять скорость вращения электродвигателей для обеспечения заданного давления на гребенке ВУ.

Алгоритм управления частотными преобразователями обеспечивает плавный переход в течении 20 мин от одного приведенного выше режима к другому. Это делается для исключения гидравлических ударов в трубопроводах водораспределительной сети при резком изменении давления, создаваемого насосной станцией.

Принятый алгоритм управления накоплением объемов воды на приходе ВУ предполагает обеспечение заданных уровней воды в накопительных резервуарах, равных 4,2–4,6 метра, ко времени 6<sup>00</sup> для каждых новых суток. Контроль штатного режима ведется по изменению расхода на наливе, а управление водопитоком осуществляется по изменению уровня воды в накопительных резервуарах. Расход воды на приходе в течении суток изменяется синусоидально. За счет применения автоматизированной задвижки на приходе ночью с 23<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> поступление в воды в резервуары увеличивается приблизительно в 1,2–1,3 раза по сравнению с дневным периодом, чем обеспечивается необходимый объем воды в резервуарах ВУ. Данные параметры функции модуляции расходов воды на приходе также определены эмпирически путем длительной эксплуатации оборудования ВУ.

Для защиты насосного оборудования ВУ от аварийных режимов был разработан алгоритм управления по контролю расхода на гребенке ВУ. Если расход воды на гребенке резко возрастает, то срабатывает система защиты. Это дает возможность исключить аварийные ситуации, связанные порывом магистральных трубопроводов, которые идут от ВУ потребителям. Аналогичным образом срабатывает защита, если резко растет давление на гребенке, что является причиной аварийной работы главных задвижек на подаче.

Защита насосного оборудования ВУ от аварийных режимов, связанных с возникновением кавитации, обеспечивается за счет обеспечения обязательного пожарного уровня воды в резервуарах, который не может быть ниже 2,0 метров.

При возникновении аварийной ситуации, связанной с прекращением подачи электроэнергии на ВУ, силовое оборудование автоматически переключается на обязательную резервную линию питания при одновременной выдаче сообщения диспетчеру.

Алгоритмы управления работой водопроводных узлов реализованы в технологической системе управления режимами водоснабжения ряда районов г. Донецка.

Управление подкачивающими насосными станциями. В процессе длительной эксплуатации системы водоснабжения опытным путем был отработан алгоритм управления работой оборудования ПНС, при

этом в процессе исследований были определены оптимальные параметры функции временной модуляции давления для ПНС.

Данный алгоритм регулирования подачи воды потребителям в г.Донецке предполагает ступенчатое изменение давления воды во времени: ночью с  $0^{00}$  до  $6^{00}$  на выходе ПНС, обеспечивающих водой 9-ти этажные дома, поддерживается давление воды равное 3,5 атм; утром, днем и вечером с  $6^{00}$  до  $24^{00}$  – поддерживается давление равное 4,2 атм. В свою очередь на ПНС, обеспечивающих водой 12-ти этажные дома, ночью поддерживается давление воды равное 4,2 атм, а утром, днем и вечером – давление равное 5,0 атм. Уменьшение давления воды на 0,7 – 0,8 атм в течении суток позволяет снизить мощности насосов при обеспечении различных расходов воды днем и ночью без ухудшения качества водоснабжения. Система автоматического регулирования насосного агрегата каждой ПНС настроена на поддержание на выходе ПНС постоянного давления воды при ее подачи в сеть – для 9-ти этажных домов 3,5(4,0) атм, для 12-ти этажных домов 4,2(5,0) атм. Регулирование осуществляется путем микропроцессорного управления частотными преобразователями.

Для защиты оборудования отработан алгоритм предотвращения аварийных режимов на ПНС. Если давление на линии входа воды в ПНС падает ниже 1,0 атм, то для исключения возникновения кавитации в рабочей области насоса, ПНС обесточивается. Это дает возможность исключить аварийные ситуации, связанные порывом трубопроводов на участках до ПНС или неправильным регулированием подачи воды на ВУ. При возникновении аварийной ситуации, связанной с прекращением подачи электроэнергии на ПНС, силовое оборудование отключается и одновременно АСУ ТП выдает сообщение диспетчеру, используя независимый источник питания.

Предложенные алгоритмы работы ПНС, позволяют локализовать значительную часть управляющих сигналов на объектах управления ПНС, обеспечив при этом централизованное регулирование только давлений в диктующих точках сети и текущий мониторинг режимов работы оборудования ПНС.

Управление и мониторинг технологическими режимами водораспределительных сетей. Система мониторинга водопроводных сетей ведет непрерывный сбор данных о параметрах режима работы участка сети между контрольными точками или между ПНС и контрольной точкой. Блок идентификации параметров модели периодически определяет коэффициенты напорной характеристики сети по контролируемым параметрам, которые поступают от средств измерений давления и расхода воды. Осреднение осуществляется по предыдущим данным, получаемым за период времени с 2400 до 600 и за период с 600 до 2400.

Если значение коэффициентов попадают в допустимый интервал, то считается, что технологический режим работы водораспределительной сети не меняется, иначе АСУ ТП выдает сообщение диспетчеру для оценки ситуации и принятия решения. Диспетчер может принять решение об изменении режима работы ближайшей ПНС или выдать команду на обследование участка водораспределительной сети.

Кроме этого разработан алгоритм, обеспечивающий защиту трубопроводов от аварийных режимов. Для каждой контрольной точки установлены допустимые интервалы изменения давления и расхода воды, которые определяются на основе оценок для математических ожиданий наблюдаемых величин. Если давление или расход воды в контрольной точке резко повысились или снизились и при этом их значения вышли за доверительный интервал, то алгоритм анализа технологического режима выдает сообщение диспетчеру. Это дает возможность исключить аварийные ситуации, связанные порывом трубопроводов на участке или неисправностью задвижек.

Все приведенные выше алгоритмы управления были организованы в виде модуля экспертной системы, которая при контроле диспетчера управляет работой городской системы водоснабжения. Разработанные алгоритмы управления технологическими режимами водоснабжения апробированы на предприятиях КП «Донецкгорводоканал», КП «Сумыгорводоканал», КП «Харьковгорводоканал». Предложенная технология организации водоснабжения города с элементами автоматического управления энергоемким оборудованием позволяет обеспечить экономию электроэнергии от 15 до 20 % и воды от 6 до 10 %.

**Выводы.** Наличие информационной модели территориально-распределенной системы водоснабжения позволяет решать задачу оптимального управления технологическими процессами для эффективного использования водных и энергетических ресурсов. Предложенные алгоритмы позволяют обеспечить экономию электроэнергии от 15 до 20 % и воды от 6 до 10 % за счет автоматического управления режимами работы энергоемкого оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рульнов А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / А. Рульнов, К. Евстафьев. – М.: Изд. дом Инфра-М, 2007. – 205 с.
2. Возможности эффективного использования энергии и воды в муниципальных водохозяйственных системах / Alliance to Save Energy, под общ. ред. Д. Е. Немцова. – Washington: Alliance to Save Energy, 2002. – 144 с.

3. Система автоматизации и диспетчеризации объектов водоканала [Электронный ресурс] / мат. сайта ЗАО Технолинк, 1999–2010. – Режим доступа: <http://www.technolink.spb.ru/index.php?pid=360>.
4. Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) систем муниципального водоснабжения [Электронный ресурс] / мат. сайта EERE, 2010. – Режим доступа: [http://www.eren.doe.gov/cities\\_countries/watersy.html](http://www.eren.doe.gov/cities_countries/watersy.html)
5. Автоматизация водоснабжения городов [Электронный ресурс] / мат. сайта комп. ООО Ролсиб, 2010. – Режим доступа: <http://privod.tomsk.ru/gorod-vodosnabzhenie>.
6. Романчук С. М. Мониторинг и анализ данных в процессе управления водоснабжением города Донецка / С. М. Романчук // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2011. – № 1. – С. 133–141.

*Поступила в редакцию 16.04.2014 г.*

## **РЕЗЮМЕ**

Запропоновано алгоритми автоматичного управління режимами роботи обладнання водопровідних вузлів, підкачувальних насосних станцій і ділянок водопровідних мереж. Визначено оптимальні параметри функцій тимчасовій модуляції тисків і витрат води для 117 об'єктів управління процесом водопостачання міста Донецька.

*Ключові слова:* водорозподілення, гідравлічний розрахунок, моніторинг, інформаційна модель.

## **SUMMARY**

Algorithms of automatic control are offered by operating modes of the equipment of the water – pipe's knots, pumping-up pump stations and sites of water supply systems. optimal parameters of functions of temporary modulation of pressure and water expenses for 117 objects of management are determined by process of water supply of the city of Donetsk.

*Keywords:* water distribution, hydraulic calculation, monitoring, information model.