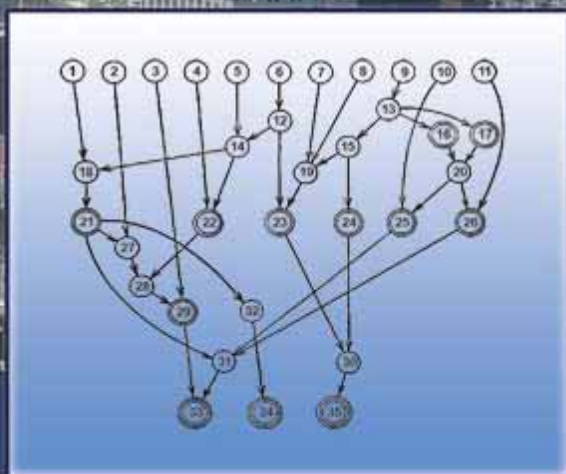


М.И. Алексеев Ю.А. Ермолин

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООТВЕДЕНИЯ в крупных городах



М.И. Алексеев, Ю.А. Ермолин

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА
ВОДООТВЕДЕНИЯ В КРУПНЫХ
ГОРОДАХ**



Издательство АСВ
Москва
2013

Рецензенты:

д.т.н., профессор, засл. раб. ВШ РФ, кафедра водоотведения МГСУ
Ю.В. Воронов;

д.т.н., профессор, почетн. раб. ВШ РФ, зав. кафедрой «Коммунальное и
промышленное водопользование» МГАКХиС *И.И. Павлинова;*

д.т.н., профессор, кафедра «Водоснабжение, водоотведение гидравлика»
Н.А. Черников

Алексеев М.И., Ермолин Ю.А.

Оптимизация процесса водоотведения в крупных городах:
Монография. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 184 с.

ISBN 978-5-93093-933-0

На базе теоретических исследований с использованием допущений, подтвержденных результатами наблюдений за реальным объектом, проводится математическое моделирование системы транспортировки сточных вод (СТСВ), которое позволило свести задачу оптимального управления объектом по критерию минимума энергозатрат к так называемой задаче математического программирования, решение которой возможно по стандартным программам.

Как частный случай предложенного алгоритма управления решается задача повышения надежности канализационной системы города путем локализации мест повреждения сети с минимизацией объема аварийного сброса сточной воды.

Обсуждаются вопросы, связанные с управлением общесплавными водоотводящими сетями с использованием погодных радаров, новое и перспективное направление развития систем городского водохозяйственного комплекса.

Книга предназначена для практикующих инженеров, специалистов и исследователей, занимающихся вопросами автоматизации объектов водопроводно-канализационного хозяйства крупного города, а также может быть полезна студентам, магистрам и аспирантам, обучающимся по соответствующим специальностям в вузах.

ISBN 978-5-93093-933-0

© Издательство АСВ, 2013

© Алексеев М.И.,

Ермолин Ю.А., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ	9
1.1. Краткое описание системы водоотведения как объекта управления	9
1.2. Иерархическая структура системы управления объектом	13
1.3. Традиционно сложившаяся практика управления системами водоотведения крупных городов	18
1.4. Методологические особенности исследования СТСВ как объекта управления	24
Выводы по гл. 1	31
ГЛАВА 2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КНС	33
2.1. Определение удельных энергозатрат КНС по основным интегральным эксплуатационным показателям	33
2.2. Идентификация энергетической характеристики КНС методом наименьших квадратов	35
2.3. Проверка модели КНС, полученной МНК-методом, на адекватность экспериментальным данным	38
2.4. Статистическая линеаризация энергетической характеристики канализационной насосной станции	44
Выводы по гл. 2	59
Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА КАК СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА СТСВ	60
3.1. Передаточная функция канала	60
3.2. Частотные характеристики канала	74
3.3. Экспериментальное исследование каналов (на примере каналов Московской СТСВ)	80
3.4. Числовые оценки значений производных в уравнениях Сен-Венана (по результатам наблюдений)	90
Выводы по гл. 3	92
Глава 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ СТОЧНЫХ ВОД: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ	93

4.1. Математическая модель СТСВ как объекта управления ...	93
4.2. Показатель качества функционирования СТСВ. Формализация задачи оперативного управления	97
4.3. Алгоритм оптимального оперативного управления процессом транспортировки сточных вод.....	102
4.4. Программное управление СТСВ	106
4.5. Управление системой водоотведения города при авариях	107
4.6. Декомпозиция задачи для систем большой размерности ..	110
Выводы по гл. 4.....	114
 Глава 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ СТОЧНЫХ ВОД: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	
5.1. Описание и краткая характеристика экспериментального участка Московской СТСВ	117
5.2. Проверка оптимального управления в производственных условиях (пассивный эксперимент)	121
5.3. Программное квазиоптимальное управление участком (активный эксперимент). Статистический анализ результатов	130
5.4. Локализация мест повреждений на сети.....	136
Выводы по гл. 5.....	143
 Глава 6. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СТСВ.....	
Вывод по гл. 6	145
Вывод по гл. 6	156
 Глава 7. ДРУГИЕ ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	
7.1. Некоторые задачи гидродинамики безнапорных каналов	157
7.2. Перспективы использования погодных радаров при управлении общесплавными канализационными сетями ..	170
7.3. Другие сферы применения результатов.....	175
Вывод по гл. 7	176
 Заключение.....	 177
Список литературы	180

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая и санитарно-гигиеническая обстановка крупных современных городов во многом определяется эффективной и надежной работой систем водоотведения.

Система водоотведения города представляет собой сеть конструктивно и технологически взаимосвязанных подземных и наземных сооружений, предназначенных для сбора и транспортировки сточных вод к устройствам очистки, где сточная вода проходит все необходимые виды обработки, после чего очищенная сбрасывается в реку или естественные водоемы [1, 2].

Ознакомление со структурами канализационных сетей крупных городов России и бывшего Советского Союза, а также изучение доступных материалов по системам водоотведения городов Западной Европы и Америки [3, 4] позволяет сделать вывод о различных концепциях канализования, сложившихся исторически и существующих к настоящему времени. Если отечественные системы строились и строятся так, что вся сточная вода города транспортируется на одну-две-три крупные станции очистки, то в городах Запада и Америки просматривается тенденция к устройству сравнительно небольших очистных сооружений, обслуживающих локальные бассейны канализования. Таким образом, в городах Запада существуют как бы отдельные («бассейновые») канализационные сети, практически не связанные друг с другом, в то время как в России система водоотведения города представляет собой, как правило, единое целое и режимы ее работы зависят, по-существу, от поступления сточной воды в любом из городских бассейнов канализования. Эффективность каждой из упомянутых концепций определяется многими факторами, главным образом, технико-экономического характера. Та и другая концепции имеют как преимущества, так и недостатки. Однако обсуждать их более подробно вряд ли имеет смысл, поскольку это – существующая к настоящему времени реальность. Заметим лишь, что, на наш взгляд, отечественная концепция предпочтительнее с точки зрения возможности управления сетью как в нормальных, так и аварийных режимах.

Канализационная сеть крупного города построена, как правило, по напорно-самотечному принципу. По каналам, проложенным под землей с определенными уклонами, сточная вода движется под действием гравитационных сил (самотеком), а в местах, где по условиям рельефа местности самотек невозможен, она поднимается канализационными насосными станциями на более высокие отметки по напорным водоводам. Конечными пунктами транспортировки сточ-

ных вод являются очистные сооружения, на которых производится механическая, биологическая и другие виды очистки, а также обеззараживание поступившей сточной воды.

Напорно-самотечная система водоотведения современного большого города по своей протяженности, территориальной разветвленности, взаимодействию отдельных элементов, влиянию на окружающую среду, иерархичности структуры, значительным эксплуатационным затратам и т.п. может быть отнесена к классу систем, которые определяются как «большие системы» [5]. Эксплуатация системы водоотведения включает все виды управления, характерные для таких систем:

- оперативно-диспетчерское: разработка оперативных графиков (алгоритмов) работы объектов системы;

- технологическое: поддержание необходимого технологического режима на насосных станциях, содержание в надлежащем техническом состоянии каналов, коллекторов, запорно-регулирующей аппаратуры и т.п.;

- организационно-экономическое: составление планов использования материальных, энергетических, людских и финансовых ресурсов, управление предприятиями, службами, отделами и другими структурными подразделениями;

- управление перспективным развитием канализационной сети.

Из отмеченных видов управления предметом настоящего исследования является в основном оперативно-диспетчерское управление, совершенствование которого служит одним из наиболее эффективных путей повышения надежности функционирования, более полного использования реальной пропускной способности и улучшения экономических показателей работы городских систем водоотведения.

Напорно-самотечная система водоотведения современного большого города является одним из самых крупных потребителей электроэнергии в городском коммунальном хозяйстве. В Москве, например, являющейся типичным представителем городов с разветвленной напорно-самотечной канализационной сетью, ежегодное потребление электроэнергии насосными станциями в процессе транспортировки сточных вод по сети превышает несколько сот миллионов киловатт-часов.

Некоторые предварительные исследования [6, 7] показали принципиальную возможность управления напорно-самотечными канализационными сетями городов, имея в виду минимизацию суммарной удельной стоимости водоотведения. Такое управление может быть эффективным только при возможности оперативного контроля и

оптимизации режимов водоотведения. Территориальная рассредоточенность объекта, сложность технологических процессов, непрерывное изменение режимов водоотведения, использование значительных объемов текущей информации требуют автоматического сбора и передачи данных, применения управляющих вычислительных комплексов для их обработки и расчета рекомендаций по рациональному ведению технологического процесса. Поэтому оптимизация управления водоотведением в полной мере, в конечном счете, невозможна без автоматизированной (либо автоматической) системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Важнейшими задачами АСУ ТП помимо обеспечения экономии электроэнергии являются также повышение эксплуатационной надежности канализационной сети и более эффективное использование ее пропускной способности за счет максимального привлечения ресурсов по управлению ею.

Система водоотведения города может быть разделена на две подсистемы: подсистему сбора и транспортировки сточных вод (СТСВ) и подсистему очистки (на очистных сооружениях). Эти подсистемы отличаются друг от друга как физически, так и существом технологических процессов, протекающих в них. При этом различия настолько значительны, что автоматизация управления каждой подсистемой может производиться практически независимо одна от другой.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией режимов функционирования одной из названных подсистем – системы транспортировки сточных вод. Основная идея управления СТСВ состоит в целенаправленном перераспределении потоков сточных вод по транспортным магистралям (коллекторам и каналам), обеспечивающем наибольшую загрузку путей с минимальными суммарными расходами электроэнергии насосными станциями. Как правило, такое перераспределение принципиально осуществимо благодаря гидравлическим взаимосвязям между бассейнами канализования и различным удельным затратам электроэнергии на перекачку воды разными насосными станциями сети.

Задачи оптимизации режимов работы СТСВ ставятся и решаются в соответствии с концепцией системного подхода.

Специфика СТСВ определяет методологические особенности ее исследования. Что значит оперативно управлять СТСВ? Осуществимо ли управление с технической точки зрения? Наконец, что понимать под объектом управления? Эти и многие другие вопросы, кажущиеся на первый взгляд тривиальными, при более внимательном осмыслении с научной и практической точек зрения оказываются

ся не такими уж простыми. Между тем, ответы на них необходимо знать, прежде чем ставить задачу оптимального управления.

Трудности создания специального программного обеспечения (либо использования известных стандартных программ) заключаются в построении математического описания (модели), адекватного объекту (СТСВ), и работоспособного алгоритма управления – расчета оптимальных режимов водоотведения. Работоспособность алгоритма управления в значительной мере зависит от простоты и точности математической модели объекта. Степень сложности математического описания СТСВ и алгоритм управления определяют требования к информационному обеспечению, перечень, объемы, периодичность обновления оперативной и нормативно-справочной информации. Это, в свою очередь, обуславливает структуру, состав, стоимость и реализуемость комплекса технических средств АСУ ТП, осуществляющей оптимизацию процесса транспортировки сточных вод.

Учитывая вышеизложенное, данная работа посвящена созданию научно-методологических основ моделирования напорно-самотечных систем водоотведения крупных городов, разработке принципов оптимизации оперативного управления ими, максимально учитывающих специфику объекта, и их реализации в зависимости от технической подготовленности СТСВ к автоматизации.

ГЛАВА 1. ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструктивные особенности разветвленной напорно-самотечной системы водоотведения крупного города, а также специфика ее работы требуют специальных методов исследования СТСВ, как объекта оперативного управления. Большое число и разнообразие структурных элементов системы водоотведения (каналов, коллекторов, насосных станций) заставляют искать приемы их математического описания, обладающие методологическим единообразием и, в определенном смысле, универсальностью и позволяющие максимально учитывать особенности функционирования объекта. Эти особенности состоят главным образом в невозможности проведения в реальных условиях широкомасштабных специально поставленных «активных» экспериментов, имеющих целью идентификацию характеристик и параметров сооружений, которые оказывают самое непосредственное влияние на процесс водоотведения. Поэтому основные методы математического моделирования, используемые в данном исследовании, ориентированы на доступные для анализа эксплуатационные показатели функционирования СТСВ, процедура сбора и обработки которых отработана на протяжении многих лет.

1.1. Краткое описание системы водоотведения как объекта управления

Система водоотведения крупного города представляет собой сеть конструктивно и технологически взаимосвязанных сооружений, предназначенных для сбора и отведения сточных вод от мест их образования к устройствам очистки. По коллекторам и каналам, расположенным под землей с определенными уклонами, вода движется самотеком, т. е. под действием гравитационных сил, а в местах, где по условиям рельефа местности самотек невозможен, она поднимается на более высокие отметки канализационными насосными станциями (КНС), после чего движение самотеком продолжается. Насосы КНС приводятся в движение электродвигателями; следовательно, в процессе транспортировки сточных вод по канализационной сети затрачивается электроэнергия. Эти затраты для крупного города, занимающего большую территорию с разнообразным рельефом, могут быть весьма велики. По сети каналов и коллекторов (канализационной сети города) вода транспортируется к конечным пунктам – очистным сооружениям, функциональное назначение которых, при всех имеющих место различиях в конструктивном исполнении и

технологиях происходящих процессов, состоит в необходимой обработке сточной воды (механическая, биологическая очистка, обеззараживание и т. п.) с целью уменьшения компонент загрязнения до уровней, регламентируемых нормативными документами по охране окружающей среды и водных бассейнов. После очистки вода сбрасывается в реку или другие естественные водоемы.

При возникновении аварий на канализационной сети сточная вода в исключительных случаях может сбрасываться неочищенной через специальные водовыпуски, имеющиеся на сети. Это наносит городу экологический и материальный ущерб; поэтому такие ситуации считаются чрезвычайными, и одной из главных задач при эксплуатации городской канализационной сети является предотвращение аварий, либо, если они все же случаются, максимально быстрая их локализация и ликвидация.

В этой книге рассматриваются вопросы, связанные с функционированием подсистемы, служащей для сбора и транспортировки сточных вод, и, по-существу, не затрагиваются проблемы их очистки. В последующем изложении, если это не оговаривается специально, термины «система водоотведения», «система транспортировки сточных вод (СТСВ)», «канализационная сеть», «канализационная система» употребляются как синонимы.

Система водоотведения города по принципу построения является иерархической структурой. Нижним уровнем иерархии являются устройства и приборы внутренней канализации, следующим – дворовая сеть и т.д. На некотором (достаточно высоком) уровне иерархии в канализационную сеть могут поступать промышленные сточные воды, прошедшие предварительную обработку в устройствах очистки предприятий. На самом верхнем иерархическом уровне располагаются очистные сооружения. Между сооружениями, расположенными на соседних уровнях иерархии, существует «подчиненность» в смысле направления движения воды от нижнего уровня к верхнему.

Наиболее естественным и удобным (и в силу этого – наиболее распространенным) формальным отображением инженерных сетей является их представление с помощью символики графов [8]. Городская система водоотведения как типичная инженерная сеть также может быть представлена в виде ориентированного графа, вершины которого – сооружения сети, а дуги указывают направление передачи воды между ними.

Несмотря на то что наиболее распространенной является древовидная структура сети, существует немало городов, особенно боль-

ших и старых, в канализационных сетях которых имеются подземные гидравлические каналы-связки между отдельными бассейнами канализования. Причины создания каналов-связок различны, однако главная из них – исторический рост территории городов, часто достаточно хаотический. Связь между отдельными бассейнами канализования осуществима также благодаря возможностям перекачки сточных вод насосными станциями по различным напорным водоводам в несколько направлений. Типичным примером такого города в России является Москва. Системы водоотведения таких городов уже не могут рассматриваться как строго древовидные. Наличие взаимосвязей между отдельными бассейнами канализования приводит к тому, что в их структурах появляются петли и, следовательно, существует возможность выбора варианта перераспределения потоков сточных вод по транспортным магистралям, что придает объекту управляемость.

Как для любой сложной системы, для СТСВ может быть сформулирована системная цель. Она состоит в сборе и отведении сточных вод к устройствам очистки при выполнении ограничений по пропускной способности всех сооружений. Эта цель может быть достигнута путем реализации различных стратегий управления объектом.

Если под оперативным управлением СТСВ понимать процесс целенаправленного перераспределения потоков сточных вод по транспортным магистралям сети, то становится очевидным, что в качестве объекта управления следует рассматривать не всю физически существующую сеть, а лишь ее часть. Действительно, перераспределение потоков, как это следует из вышеизложенного, возможно лишь начиная с некоторого (достаточно высокого) уровня иерархии. Таким образом, периферийная часть системы может быть исключена из рассмотрения (в силу своей неуправляемости), а ее влияние на оставшуюся часть (объект управления) учитывается через расходы воды, поступающей на входы управляемого объекта.

Процедура выделения объекта управления на графе, отражающем физически существующую канализационную сеть, может быть формализована. Это осуществляется путем последовательного «просмотра» всех вершин графа по всем маршрутам, начинающимся в вершинах иерархического уровня. Идентифицирующий признак при этом – степень полуисхода вершины [8], большая единицы. На практике же прибегать к такой процедуре обычно не приходится, поскольку чаще всего бывает очевидно, каким образом ограничить исходный граф как объект управления.

Покажем это на примере упрощенной СТСВ, исходный граф которой приведен на рис. 1.1, а.

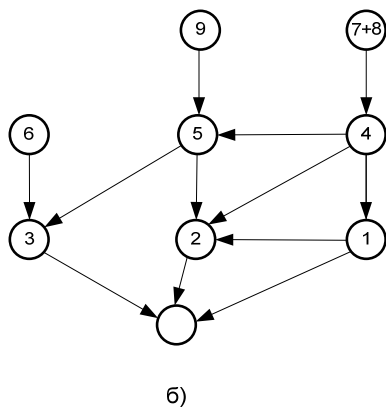
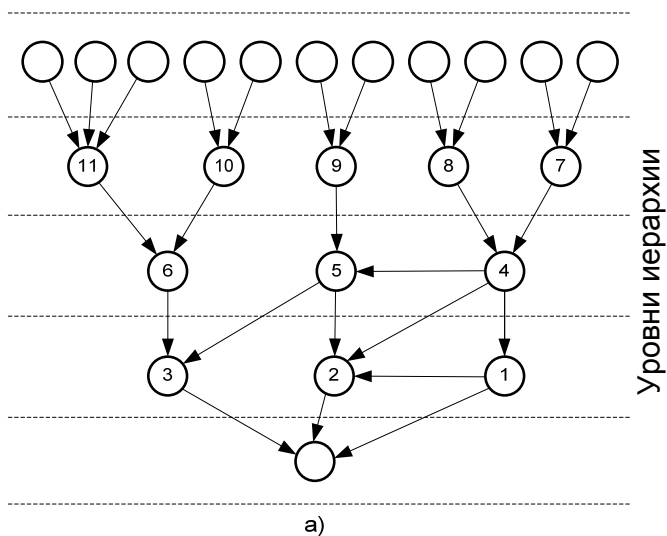


Рис. 1.1. Исходный граф (а) и подграф (б), соответствующий СТСВ как объекту управления

Из этого графа видно, что точками приложения управляющих воздействий (местами возможного перераспределения потоков сточных вод) являются вершины 1, 4 и 5; в вершинах же 2, 3 и 6 управление потоками невозможно. Нетрудно также видеть, что все вершины с номерами 10 и выше могут быть отброшены, а 7 и 8 объединены в одну. Таким образом, получается подграф (рис. 1.1,б),

имеющий всего три «входа», приток воды по которым учитывает отброшенную (неуправляемую) часть исходной системы и определяет, следовательно, нагрузку на сеть в любой текущий момент времени. С помощью такой процедуры территориально распределенная сеть системы водоотведения ограничивается как объект управления.

1.2. Иерархическая структура системы управления объектом

Возрастающее осознание обществом важности охраны окружающей среды (в частности, водных бассейнов) и вытекающее отсюда ужесточение законов водопользования выдвигают повышенные требования к качеству функционирования городских канализационных систем. Еще недавно основная цель водоотведения, заключающаяся в скорейшей и по возможности безаварийной транспортировке сточных вод к очистным сооружениям, сегодня должна быть дополнена повышенными требованиями, учитывающими комплексность мероприятий по защите окружающей среды. Так, на одно из первых мест выдвигается необходимость снижения эксплуатационных затрат, и особенно удельного энергопотребления по всей технологической цепи сбора, транспортировки и очистки сточных вод. Очевидно, что многие требования при этом являются противоположными, и найти степень их соразмерного удовлетворения в реальных условиях – задача чрезвычайно трудная. В силу этого на сегодняшний день практически не существует городов, системы водоотведения которых функционировали бы, с точки зрения упомянутых критериев, в оптимальных либо близких к оптимальным режимам.

Оптимизация процесса водоотведения может быть достигнута, с одной стороны, введением в практику управления алгоритмов (способов), базирующихся на применении современных математических методов с широким использованием вычислительной техники, а с другой – совершенствованием самой структуры систем управления. Хотя принципиально структуры систем управления могут быть различными, представляется, что в условиях крупного города наиболее целесообразной является иерархическая структура централизованного управления, состоящая из двух уровней [9].

На нижнем уровне иерархии располагаются системы локальной (местной) автоматики. Эти системы призваны обеспечивать нормальное (еще лучше – оптимальное) функционирование отдельного сооружения и отрабатывать управляющие воздействия, поступающие от верхнего иерархического уровня. Типичным примером ло-

кального автоматизированного объекта может являться канализационная насосная станция. При необходимости на крупных насосных станциях создаются местные диспетчерские пункты (МДП), оснащенные контрольно-измерительной и управляющей аппаратурой. Стратегия управления КНС и отработка этой стратегии средствами местной автоматики имеют целью, как правило, снижение удельных энергозатрат в процессе перекачки сточной воды, т.е. в конечном счете повышение коэффициента полезного действия станции.

Современные требования к степени ответственности работы насосных станций системы водоотведения предполагают документирование режимов их функционирования (по крайней мере, для крупных КНС). Это определяет необходимость организации «банка данных» на МДП. В Германии, например, уже давно соответствующие нормативные документы [10] требуют предусматривать специальную измерительную аппаратуру, предназначенную для организации такого банка данных, еще на стадии проектирования КНС.

Большие возможности для управления объектами, подобными СТСВ, открывает использование современной вычислительной техники.

С применением вычислительной техники как элемента замкнутых систем управления решение многих задач, связанных со сбором, обработкой и использованием технологической информации, часто оказывается значительно эффективнее, чем при существовавших ранее обычных средствах автоматизации. Дополнительные перспективы наиболее полной реализации возможностей вычислительной техники при автоматизации технологических процессов открывает ее комплексное использование с микропроцессорными устройствами. Более того, широкое применение микропроцессорной техники в ряде случаев определяет идеологию структурного построения управляющих вычислительных комплексов. Это объясняет тенденцию к разумному перераспределению функций управления между уровнями иерархии сложных систем. Небольшая стоимость, малые габариты и потребляемая мощность, высокая надежность в работе и исключительная функциональная гибкость в применении дают возможность решать многие задачи управления локальными объектами, входящими в единую систему, не в общем центре (например, ЦДП), а возложить эти функции на микропроцессор, используемый непосредственно на объекте, т.е. на более низком уровне иерархии. Как правило, такой подход приводит к существенному экономическому эффекту. Микропроцессоры как устройства обработки информации в составе отдельного элемента структуры должны объединяться в

комплексные блоки вместе с традиционными техническими средствами автоматизации. Это стимулирует появление новых форм решения систем автоматизации, которые позволяют ожидать улучшения технико-экономических показателей и надежности, а также уменьшения их стоимости.

Целесообразность применения микропроцессорных устройств особенно проявляется, когда для управления объектом необходимо производить сравнительно большое количество вычислений. Одним из таких объектов в системе транспортировки сточных вод является, например, канализационная насосная станция.

В соответствии с алгоритмом управления системой транспортировки сточных вод для реализации системной цели каждая насосная станция в рассматриваемый интервал времени должна перекачивать строго определенное количество воды. Это количество рассчитывает ЭВМ верхнего уровня; информация о нем содержится в данных, передаваемых на объект (КНС), и используется в качестве уставки местного регулятора. В зависимости от закона управления, заложенного в принцип действия местного регулятора, необходимо вычислять некоторые величины. Если, например, регулятор пропорциональный, то это – рассогласование, если же пропорционально-дифференциальный, то кроме рассогласования нужно вычислить также значение производной по времени. Результаты вычислений используются для выбора момента и числа коммутируемых насосных агрегатов. Если характеристики насосов не идентичны, то необходимо выбрать такое их сочетание, которое обеспечило бы заданную подачу канализационной станции с наименьшим расходом электроэнергии. Кроме того, включение в работу насосного агрегата предполагает очередность определенных операций, т. е. алгоритма запуска, связанного с необходимостью последовательного выполнения некоторых логических процедур.

Можно назвать еще целый ряд задач, которые необходимо решать в процессе управления насосной станцией. Большая их часть может быть формализована, и применение микропроцессорной техники для их реализации представляется вполне целесообразным.

Централизованные системы управления строятся на базе отдельных локальных подсистем. На основе измеренных и переданных от них данных о состоянии процесса на верхнем уровне иерархии (ЦДП, снабженный ЭВМ с соответствующим программным обеспечением) вырабатываются управляющие воздействия и команды.

Связь между уровнями иерархии осуществляется путем задания центральным диспетчерским пунктом некоторых основных параметров, определяющих желаемый ход технологического процесса

для достижения системной цели, рассчитанных ЭВМ ЦДП. Значения этих параметров (например, значения уставок регуляторов КНС) передаются по каналам связи с ЦДП на сооружения нижнего уровня и являются исходными данными для функционирования средств локальной автоматики (СЛА).

В зависимости от степени взаимодействия человека-оператора и средств вычислительной техники диспетчерского пункта, а также от характера перераспределения функций между ними можно выделить три уровня автоматизации принятия и реализации решений по оперативному управлению технологическим процессом водоотведения в СТСВ:

А. Состояние процесса по поступающим от объектов данным отображается в удобной для восприятия человеком форме: на дисплее, мозаичном стенде, мнемосхеме или табло. Оператор определяет на этой основе необходимые управляющие воздействия и передает их на отдельные локальные сооружения СЛА. Таким образом, средства вычислительной техники предназначаются в этом случае лишь для предоставления диспетчеру оперативной информации; функция принятия решений остается за оператором, который делает это исходя из эвристических соображений, сообразуясь со своим производственным опытом.

Б. Дополнительно к уровню А в ЭВМ закладываются возможности расчета управляющих воздействий на основе оперативной информации о протекании процесса, поступающей от СЛА. В этом случае оператор может «посоветоваться» с ЭВМ, проанализировать решения, которые она предлагает, просмотреть возможные альтернативные варианты управления и т.п. Однако окончательное решение принимает и реализует именно оператор, а ЭВМ выступает лишь в роли «советчика».

В. Автоматическое централизованное управление, когда по исходным данным ЭВМ рассчитывает необходимые управляющие воздействия, которые в виде сигналов по каналам связи передаются непосредственно на объекты или органы управления, где автоматически обрабатываются.

Как видно из рассмотренного, в зависимости от степени автоматизации перераспределение функций управления между ЭВМ и человеком может быть весьма значительным. При автоматизированном управлении человек-оператор, по существу, является звеном замкнутого контура управления; спектр его функций может быть при этом очень разнообразным, начиная с контроля за протеканием процесса и кончая принятием окончательных решений, когда ЭВМ

Монография

Михаил Иванович **Алексеев**
Юрий Александрович **Ермолин**

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООТВЕДЕНИЯ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Редактор: *Мерзлякова В.Ш.*
Компьютерная графика и верстка: *Матвеев Д.А.*
Дизайн обложки: *Романова Н.С.*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Подписано к печати 29.03.2013. Формат 60x90/16.
Бумага газ. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. 11,5 п. л. Заказ № . Тираж 500 экз.

ООО «Издательство АСВ»
127337, Москва, Ярославское шоссе, 26 (Отдел реализации – оф. 511),
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru. Internet: www.iasv.ru