

## **Программно-аппаратный комплекс «АкваСофт» – инновационный продукт для управления сетями водоснабжения города или городской агломерации**

*А.Н. Гришин, С.Е., Корнелик, О.Ф. Сычев*

ООО «Научно-Производственный и Коммерческий Центр «ИНТЕГРАЛ»,  
Томск, e-mails: gan@mail.tsu.ru, k.s.e.@mail.tsu.ru, of\_sychev@mail.tsu.ru

Важнейшей проблемой в водоснабжении любого города мира является поддержание в рабочем состоянии всей водопроводной сети.

По оценкам специалистов «Томскводоканала» износ труб городской сети водоснабжения по данным на 2007 год превышает 60%, а потери чистой питьевой воды достигают 38%. Такое положение требует кардинального решения проблемы деградации систем водоснабжения путем создания автоматизированных вычислительных комплексов для контроля состояния элементов этих систем.

В настоящее время широко используются такие программно-аналитические комплексы (ПАК) как «Политерм» (Россия), «CityCom» (Россия, Украина), «SynerGee» (США, Великобритания). В основу гидравлических расчетов в этих программах положены классические расчетные схемы, в которых уровень водопотребления в каждом узле графа сети считается независимым от свободного напора. Хотя зависимость водопотребления в узлах от свободного напора учитывается в этих программах, но используемые методики решения этой проблемы не являются универсальными. Так, в программе «Политерм» при нехватке напора расход определяется по сопротивлению потребителя, вычисленному по расчетному расходу и минимально необходимому напору. В условиях сильного износа водопроводная сеть не способна обеспечить многих или всех потребителей водой в необходимых количествах под заданным свободным напором, а зависимость уровня потребления от напора для каждого потребителя может иметь произвольный вид. При этом в перечисленных программах не решена задача учета узлов с нефиксированным отбором (УНФО) при произвольном уровне водопотребления от свободного напора. Нами разработана расчетная схема, включающая в себя методику учета зависимости уровня водопотребления в каждом узле от свободного напора  $Q = Q(P_{CB})$ . В этой схеме для узлов с нефиксированным

отбором (УНФО) можно использовать любой тип функциональной зависимости  $Q(P_{CB})$ , а при выполнении гидравлических расчетов не требуется строгого выполнения условия связности графа гидравлической сети. Гидравлические расчеты ПАК «АкваСофт» позволяет выполнять даже тогда, когда в силу аварийных ситуаций водопроводная сеть распадается на ряд фрагментов, как имеющих источники водоснабжения, так и не имеющих таковых. Поэтому с помощью ПАК «АкваСофт» можно выявлять узлы и участки графа водопроводной сети, лишенные доступа к источникам водоснабжения. Если в вышеперечисленных программах, требуется соблюдение условия строгой связности графа гидравлической сети, то в нашем случае это условие не влияет на анализ даже крупных аварий в сети.

Современные ПАК построены по единой схеме и состоят из трех основных блоков: база данных (БД), интегрирующая в себе все данные об элементах водопроводной сети, блок математического моделирования гидравлических процессов в сетях и блок инженерных приложений. Ценность гидравлических расчетов определяется точностью данных в БД, а также качеством гидравлических расчетов, способных с достаточной точностью обеспечить совпадение расчетных и реальных напоров и потоков в трубах. Один из авторов, О.Ф.Сычев, разработал основу для гидравлических расчетов, в которой им положен узловый принцип, когда неизвестными величинами являются давления в узлах гидравлической сети. При этом все узлы–водопотребители считаются как УНФО с произвольной зависимостью  $Q=Q(P_{CB})$ . Для построенной системы нелинейных уравнений им доказана теорема существования и единственности решения. В рамках такой расчетной схемы решена задача регулирования потоков и напоров в сети с помощью клапанов регулирования расхода и давления. Например, для расчета водопроводной сети из 6 тыс. участков (рис. 1), соответствующей среднему городу с населением 500 тыс. человек, оператору ПАК «АкваСофт» требуется 3 сек. на компьютере Pentium 4 (3 ГГц). В настоящее время проведены расчеты сети из 60 тыс. участков, что примерно в два раза превосходит водопроводную сеть г. Санкт-Петербурга (32 тыс. участков). В силу того, что объем воды, вытекающей из отверстия в трубе, нелинейным образом зависит от свободного напора, использование УНФО с нелинейным нефиксированным отбором позволяет моделировать гидравлические процессы в сетях, имеющих множественные повреждения.

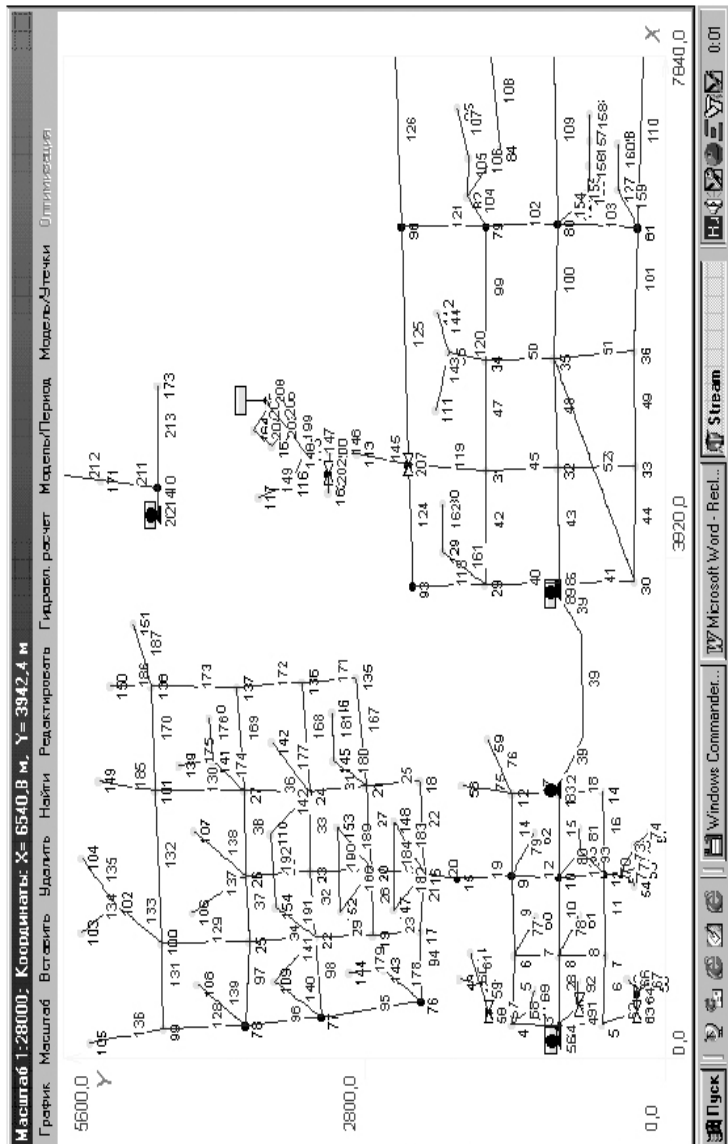


Рис. 1. Фрагмент водопроводной сети крупного города

В настоящее время разрабатывается новая версия программы, способная рассчитывать сети из 500 тыс. участков. С помощью этой программы можно производить расчеты утечек воды из сильно изношенных водопроводных сетей крупных городов и городских агломераций, где на каждом участке могут находиться десятки коррозионных отверстий различных диаметров. Эти деградированные трубы в расчетах представляются как УНФО с нелинейной зависимостью  $Q(P_{CB})$ .

В целом разработанная в программе «АкваСофт» методология УНФО делает расчетную схему гибкой, что позволяет инженерам и операторам моделировать и оценивать реальные водохозяйственные ситуации, возникающие в водопроводной сети. В частности, процедура моделирования работы сети в течение длительного времени (до 30 суток) позволяет построить графики колебания уровня воды в резервуарах (рис. 2), колебания напора и мощности насосов (рис. 3) и их КПД, колебания уровня водопотребления в узлах, а также давлений и потоков в участках в течение одних суток. С помощью ПАК «АкваСофт» можно оценивать экономичные режимы функционирования сети и экономическую эффективность по затратам электроэнергии.

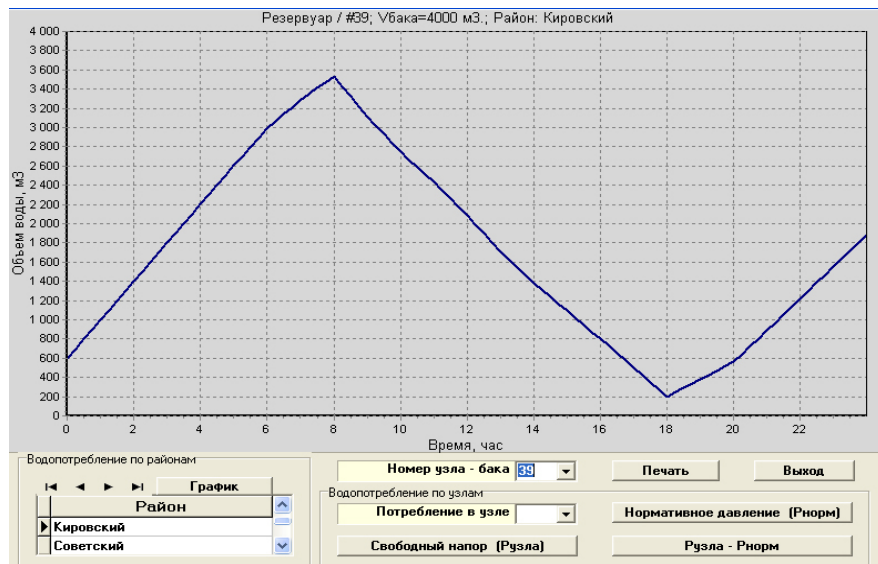


Рис. 2. График колебания уровня воды в резервуаре

В аналитической составляющей ПАК «АкваСофт» входит блок автоматической оптимизации водопроводной сети, с помощью которого при ремонтах и проектировании можно подобрать трубы оптимального диаметра и стоимости для обеспечения необходимого давления во всех узлах и в любой момент времени. Разработанная авторами процедура оптимизации позволяет эффективно решать эту задачу при модернизации сетей большого размера, состоящих из многих сотен и тысяч участков, оптимизируя как отдельный район, так и всю сеть в целом. При этом в программу заложена возможность просчитывать и предлагать целый ряд альтернативных решений (вариантов из комбинаций типоразмеров труб). Процедура оптимизации предполагает расчеты и энергетических затрат для каждого варианта. Можно, например, оптимизировать отдельный район, а затем использовать его оптимальные или альтернативные решения при любых типах расчетов всей сети с учетом этого района. Такая возможность, предоставляемая ПАК «АкваСофт» очень важна при проектировании новых водопроводных сетей. С ее помощью можно исследовать поведение оптимизированных районов в составе прежней сети или спроектировать новую сеть.

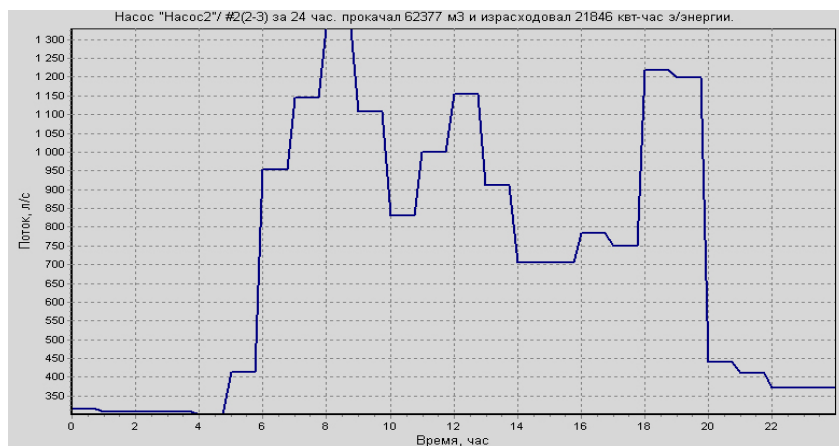


Рис. 3. График колебания потока через насос

Из анализа специальной литературы и практики использования стандартных программ можно сделать вывод о том, что в настоящее время возможности программного комплекса «АкваСофт» значительно превосходят возможности вышеперечисленных ПАК отечественного и зарубежного происхождения.