

## СОЗДАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ТРУБОПАРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Ахатов Даврон Нурмухаматович

Преподаватель Наманганский Инженерно - Строительный Институт

### Аннотация

В статье обосновываются решения о развитии систем водоснабжения полученные только на базе обширных и достоверных данных о техническом состоянии отдельных элементов этих систем и параметрах режимов их работы, т.е. на данных предпроектных изысканий. Это связано с тем, что в процессе эксплуатации происходит непрерывное и закономерное изменение технических параметров сооружения, а фактические режимы работы систем подачи и распределения воды значительно отличаются от расчетных. В данной статье приведены пути решения этих сложных вопросов.

**Ключевые слова:** предпроектные изыскания, системы подачи и распределения воды, эквивалентная расчетная схема, насосная станция, гидравлический расчет, кольцевые сети, манометрическая съемка, задвижка, засоры, промерзания, гидравлические сопротивления трубопроводов.

### Summary

The article substantiates decisions on the development of water supply systems obtained only on the basis of extensive and reliable data on the technical condition of individual elements of these systems and the parameters of their operation modes, i.e. on the data of pre-design surveys. This is due to the fact that during operation there is a continuous and regular change in the technical parameters of the structure, and the actual operating modes of the water supply and distribution systems are significantly different from the calculated ones. This article provides solutions to these complex issues.

**Key words:** pre-design surveys, water supply and distribution systems, equivalent design scheme, pump station, hydraulic calculation, ring networks, manometric survey, gate valve, blockages, freezing, hydraulic resistance of pipelines.

**Введения** Обоснованные решения о развитии систем водоснабжения могут быть получены только на базе обширных и достоверных данных о техническом состоянии отдельных элементов этих систем и параметрах режимов их работы, т.е. на данных

предпроектных изысканий. Однако во многих случаях недостаточно использовать только имеющуюся в эксплуатационных организациях документацию, характеризующую параметры отдельных элементов и оборудования. Это связано с тем, что в процессе эксплуатации происходит непрерывное и закономерное изменение технических параметров сооружения, а фактические режимы работы систем подачи и распределения воды (СПРВ) значительно отличаются от расчетных, регламентированных ранее разработанными проектами.

Сбор информации о фактическом состоянии систем ПРВ представляет достаточно сложную техническую задачу, решение которой не всегда возможно силами проектных организаций. В тоже время работы, выполненные некоторыми организациями, свидетельствуют о том, что за счет получения обширной информации о системе ПРВ возможно получение значительного экономического эффекта и улучшение обеспечения потребителей. Так АКХ им. К.Д. Памфилова [1,3] разработан комплекс методических приемов, при выполнении которого решения по управлению развитием и реконструкцией систем ПРВ подготавливаются на базе специальных обследований систем ПРВ и эквивалентных расчетных схем.

Первый этап построения эквивалентных расчетных схем (моделей), которые по основным параметрам (давление в узлах сети, напор на насосных станциях, расход воды по водоводам и наиболее важным линиям сети, гидравлическое сопротивление участков трубопроводов) с достаточной точностью соответствуют реальным условиям, состоит в определении величин водопотребления у различных абонентов, в анализе полной карты водопроводной сети и ее упрощении. Трудности упрощения полной схемы сети связаны с тем, что гидравлический расчет сложных кольцевых сетей, даже при использовании современной вычислительной техники, является непростой задачей. Практически, число колец в сетях, которые могут быть рассчитаны с применением широко распространенных ЭВМ, не превышает 200-300, тогда как реальные сети крупных городов могут насчитывать 1500-2000 колец. Поэтому рекомендуется оставлять в расчетной схеме лишь основные магистральные линии с наибольшей нагрузкой, исключая практически всю разводящую сеть и тупиковые линии. Во многих случаях число элементов расчетной схемы сокращают за счет объединения нескольких линий сети в один элемент схемы с эквивалентным гидравлическим сопротивлением.

Данные о среднем водопотреблении в системе СПРВ получают по материалам абонентских отделов или контрольных замеров. При этом требуется особая тщательность, так как из-за несовершенства приборов для учета количества потребляемой воды, данные о водопотреблении, не обладают высокой точностью.

Рекомендуется экспериментально определять расходы воды на насосных станциях и у наиболее крупных потребителей (с расходами более 1-2 % общего водопотребления).

Данные о водопотреблении систематизируются, и наносятся на расчетную схему в виде узловых отборов. Одним из важнейших этапов работ по построению эквивалентной модели системы ПРВ является проведение натурных обследований, определение фактических гидравлических сопротивлений действующих трубопроводов и расходно-напорных характеристик насосных агрегатов [2].

Материалы манометрической съемки в характерные периоды относительно стабильного водопотребления (с 11 до 15 ч и с 1 до 5 ч в будние дни) является основой для оценки эквивалентности расчетной схемы системы ПРВ реальным условиям эксплуатации. Манометрическая съемка, т. е. измерение напоров, производится в достаточном количестве узлов (основных пересечений магистралей), число которых должно быть не менее 70% общего числа узлов сети. Для больших сетей измерения проводятся в течение нескольких дней, при этом стабильность режимов водопотребления, должно быть подтверждена данными диспетчерской службы, которая должна предотвращать резкое изменение режимов работы основных сооружений (насосных станций, резервуаров и т.п.) в период проведения манометрической съемки. Данные манометрической съемки являются основой для построения движения воды. Уже предварительный анализ данных манометрической съемки позволяет выявить участки сети с аномально высокими потерями напора (из-за закрытых задвижек, засоров, промерзания и т.п.), а устранение этих аномалий приводит к улучшению водоснабжения некоторых локальных зон водопроводной сети.

Наиболее важным видом натурных испытаний являются работы по определению фактических гидравлических сопротивлений трубопроводов. Известно, что в результате коррозии и обрастания гидравлических условия работы длительно эксплуатируемых трубопроводов могут значительно отличаться от условий новых труб. Кроме того, некачественное строительство трубопроводов также приводит к увеличению гидравлических сопротивлений. Картина обрастания внутренней поверхности трубопроводов может быть проанализирована путем осмотра, но получение количественных характеристик возможно только путем экспериментальных исследований.

Наиболее достоверным и практически доступным методом таких исследований является определение гидравлических сопротивлений трубопроводов по данным измерения напорными трубками скоростей движения воды в различных точках сечения, в том числе на оси трубы.

В результате проведения ряд исследований были получены зависимости для вычисления значений коэффициентов гидравлического сопротивления по данным об измеренных скоростях [3]. Указанные исследования являются наиболее трудоемким и не могут быть выполнены на всех участках сети. Тем не менее рекомендуется охватить измерениями участки трубопроводов из различных материалов, различных лет постройки, различных диаметров с тем, чтобы достаточно обоснованно экстраполировать результаты ограниченного числа измерений на всю сеть.

Применяется также и другие методы измерения гидравлических сопротивлений, которые основаны на определении разности давлений в начальных и конечных участках трубопроводов, расходы воды по которым определяются с помощью водосчетчиков.

При натурных обследованиях систем ПРВ рекомендуется определять и расходно-напорные характеристики насосных агрегатов, так как в процессе эксплуатации из-за износа оборудования эти характеристики достаточно сильно отличаются от паспортных данных. Следует отметить, что именно этап натурных обследований представляет наибольшую сложность для проектных организаций, но только обязательное выполнение работ этого этапа силами специализированных изыскательских подразделений проектных институтов, наладочных организаций или эксплуатационных служб может гарантировать получение достаточного объема исходной информации об условиях работы системы ПРВ. Отсутствие этой информации приводит к тому что, что принятое решение о развитии системы не будет соответствовать фактическому положению и не приведет к существенному улучшению водообеспечения потребителей, не обеспечит возможности подключения к системе новых абонентов и нормальной работы системы на весь принятый расчетный срок действия проекта. Экспериментально определенные коэффициенты гидравлического сопротивления трубопроводов системы ПРВ дают возможность вычислить поправочные коэффициенты к таблицам значений этих сопротивлений. Однако автоматическая экстраполяция таких данных на все элементы расчетной схемы возможна, так как даже для труб одного и того же года укладки и изготовленных из одного и того же материала фактически коэффициенты гидравлического сопротивления могут иметь значительные различия. Кроме того, элементы расчетной схемы, полученные путем объединения нескольких параллельно или последовательно соединенных участков, имеют эквивалентное сопротивление, корректировать которое по данным измерений следует весьма осторожно. Поэтому следующий этап описываемых работ состоит в идентификации расчетной схемы, т.е. в ее корректировке таким образом, чтобы вычисленные путем гидравлических расчетов по этой схеме значения пьезометрических напоров в узлах сети достаточно точно совпадали с данными натурных измерений. Здесь используется поэтапная коррекция

параметров расчетной схемы, которая производится до тех пор, пока разность измеренных и расчетных пьезометров не будет  $\leq 1$  м. Обычно достаточно проводить 5 – 6 этапов коррекции при которых коэффициенты гидравлических сопротивлений линий расчетной схемы умножаются на величину

$$K_i = \Delta h_{i\text{факт}} / \Delta h_{i\text{расч}}$$

где  $K_i$ -поправочный множитель для  $i$ -го участка сети;  $\Delta h_{i\text{факт}}$ -разность измеренных по концам  $i$ -го участка напоров;  $\Delta h_{i\text{расч}}$ -разность расчетных напоров по концам  $i$ -го участка.

В процессе коррекции параметров расчетной схемы измерение значения коэффициентов гидравлического сопротивления служат ограничениями величин  $K_i$  (наибольшее отклонение  $K_i$  от измеренных величин не должно превышать  $\pm 50\%$ ) для тех участков расчетной схемы, на которых измерение не проводилось.

Представляет интерес вопрос о методах выполнения гидравлических расчётов при поэтапной коррекции. В принципе здесь могут быть использованы любые программы гидравлического расчёта на ЭВМ - основанные на методы Лобачёва-Кросса, Андрияшева или на методы где применяются численные методы решения линейных и нелинейных уравнений, если размеры сети соответствуют быстродействию машин и объёму их памяти.

Однако опыт показал, что для поэтапной коррекции параметров расчётной сети лучше всего использовать современные быстродействующие специализированные вычислительные электронные машины отвечающие современным требованиям при управлении сложными системами коммунального хозяйства нашей Республики.

Преимуществом использования этого метода состоит в том, что изменение любого параметра на ней производится автоматически сразу же последствия этого изменения высвечиваются на экране у оператора и оцениваются по показаниям измерительных приборов. Это позволяет достаточно быстро производить коррекцию и операторы приобретают большой опыт по анализу выполненных расчётов так как любое изменение параметров расчётной схемы требует выполнение нового полного гидравлического расчёта [4].

Результатом идентификации расчётной системы ПРВ является эквивалентная модель системы в которой все основные параметры соответствуют реальным условиям эксплуатации. Поэтому используя эквивалентную модель можно достаточно быстро проверить большое число вариантов допустимого увеличения нагрузок действующей системы, вариантов введения в структуру системы новых элементов (например, регулирующие емкости различного типа, насосные станции подкачки, линии сети и

т.д.). Давая экономическую оценку каждому варианту, можно выбрать оптимальный вариант развития системы, при этом все рекомендации разрабатываются по данным расчётов для нескольких характерных периодов водопотребления (максимального, среднего, минимального). При этом число возможных коррекций параметров системы ничем не ограничено и можно добиться высокой точности модели, которая в данном случае будет служить не только для управления развитием системы ПРВ, так как возможно и автоматическое введение данных о нагрузках в узлах сети, но также для решения задач оперативного управления [5].

Современное состояние теории и методики расчёта систем ПРВ таково, что оно не позволяет на основе данных о потребности в воде, прогнозе колебаний нагрузок и т.п. вычислит оптимальный режим работы сооружений системы ни на стадии оперативного управления, ни при их проектировании.

В то же время необходимость решения этой задачи весьма велика, особенно в современных условиях, когда чрезвычайно важна разработка мероприятий по экономии электроэнергии, затрачиваемый на подачу воды потребителям. Поэтому задачи оптимизации режимов работы сооружений систем ПРВ приходится решать только путём сравнения вариантов. При этом следует учитывать, что каждый новый вариант режимов водоподачи требует выполнения почти полного объёма проектных расчётов. В связи с этим в практике проектирования очень редко рассматриваются и оцениваются экономически различные варианты режимов водоподачи, за счёт оптимизации этих режимов удельные затраты электроэнергии ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ ) могут быть снижены на 15-20%.

## Выводы

1. До написания данной статьи были проведены ряд исследований в результате которых были получены зависимости для вычисления значений коэффициентов гидравлического сопротивления по данным об измеренных скоростях. Для проведения этих исследований требуются много времени и сил и не могут быть выполнены на всех участках обследуемой сети.
2. Не смотря на это, в статье рекомендуется охватить измерениями участки трубопроводов из различных материалов, различных лет постройки, различных диаметров с тем, чтобы достаточно обоснованно экстраполировать результаты ограниченного числа измерений на всю систему подачи и распределения воды.
3. Используемые другие методы измерения гидравлических сопротивлений, основаны на определении разности давлений в начальных и конечных участках трубопроводов, а значения расходов воды можно определить с помощью водосчетчиков.

## Литература

- [1] И.В. Кожинов, В.В. Колесов, М.П. Майзальс, И.С. Эгильский. Накладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды. М., Стройиздат, 1998 г.
- [2] Венников В.А. Расчеты и анализ режимов работы сетей.- М.: Энергия, 2000 г.
- [3] Вербицкий А.С., Бахрамов У., Месропян Э.А., Методы управления развитием систем водоснабжения больших городов, серия – Проблемы больших городов. Обзорная информация, ГОСИНТИ, М.: 1995 г. выпуск № 46.
- [4] А.Г. Евдокимов, В.В. Дубровский, А.Д. Тевяшев. Потокораспределение в инженерных сетях. М. Стройиздат. 1995.
- [5] Г.Е. Кикачейшвили. Расчёт оптимальных параметров систем подачи и распределения воды. «Сабчота сакартвело» Тбилиси. 1998.
- [6] Жураев Ш. и др. Оптимальное Размещение Тонкослойных Элементов В Горизонтальном Отстойнике Очистка Питьевой Воды //Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science. – 2022. – Т. 3. – №. 12. – С. 53-62.
- [7] Ахунов Д. Б. и др. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННЫХ СИТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУТЧИ //SCHOLAR. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 110-118.
- [8] Худайкулов С. И., Жураев Х. А., Нишонов Ф. Х. Аэрация водных масс в решении технических, хозяйственных и экологических задач. ГИДРОТЕХНИКА. № 4, 2022. – С. 53-57
- [9] Xodjiev , N., Juraev , S., Kurbanov , K., Sultonov , S., Axatov , D., & Babayev , A. (2022, June). Analysis of the resource-saving method for calculating the heat balance of the installation of hot-water heating boilers. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2432, No. 1, p. 020019). AIP Publishing LLC.