

# НАЧАЛЬНОЕ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ В КОЛЬЦЕВЫХ СЕТЯХ

Жолдасбайев Мийратдийн Султамурат-ули

Joldasbayev Miyratdiyn Sultamurat-uli

Joldasbayev Miyratdiyn

Berdaq nomidagi qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus shahri

Karakalpak State University named after Berdakha, Nukus

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, г.Нукус

**Anotatsiya:** *suv ta'minoti, ayniqsa, halqa chizig'iga birlashtirilgan aholi punktlari haqida gap ketganda, shahar barqarorligining asosiy omilidir. Ring tizimi shaharlarning bir yoki bir nechta transport arteriyalarining perimetri bo'ylab zich, o'zaro bog'langan joylashishini nazarda tutadi, bu esa suv ta'minoti uchun noyob qiyinchiliklar va imkoniyatlarni yaratadi. Halqa tarmog'ini tahlil qilish va oqim taqsimoti, uning qismlari quvurlarining diametrlarini aniqlash muammosini eng oqilona hal qilishni ta'minlaydi.*

**Аннотация:** *Водоснабжение является ключевым фактором устойчивого развития городов, особенно когда речь идет о населенных пунктах, объединенных в кольцевую линию. Кольцевая система подразумевает плотное взаимосвязанное расположение городов по периметру одной или нескольких транспортных артерий, что создает уникальные вызовы и возможности для водоснабжения. Анализ кольцевых сети и потокораспределение, обеспечивающее наиболее рациональное решение задачи определения диаметров труб ее участков.*

**Abstract:** *Water supply is a key factor in the sustainable development of cities, especially when it comes to settlements united in a ring line. The ring system implies a dense interconnected location of cities along the perimeter of one or more transport arteries, which creates unique challenges and opportunities for water supply. Analysis of the ring network and flow distribution, which provides the most rational solution to the problem of determining the pipe diameters of its sections.*

**Kalit so'zlar:** *tarmoq, diametri, oqim taqsimoti, suv ta'minoti.*

**Ключевые слова:** *сеть, диаметр, потокораспределение, водообеспечения.*

**Keywords:** *network, diameter, flow distribution, water supply.*

**Введение:** Кольцевые сети водоснабжения играют важную роль в современных системах водоснабжения. Они представляют собой замкнутую систему трубопроводов, где вода циркулирует по кольцевым маршрутам, что обеспечивает более равномерное распределение потока и уменьшает вероятность сбоев в случае аварий. Важной задачей при проектировании и эксплуатации таких систем является начальное потокораспределение, которое определяет, как вода будет распределяться по различным участкам сети для удовлетворения потребностей потребителей.

### **Особенности кольцевых сетей водоснабжения**

Кольцевые сети водоснабжения отличаются от традиционных разветвленных (линейных) сетей тем, что они обеспечивают возможность многовариантной подачи воды к каждому узлу системы. Это создает условия для более равномерного распределения давления, повышения надежности и предотвращения застойных зон. В случае аварии на одном из участков кольцевой сети, подача воды может быть быстро восстановлена за счет альтернативных маршрутов. Однако, такой тип сетей требует более сложного подхода к процессу потокораспределения, особенно на начальном этапе.

### **Основные преимущества кольцевых сетей:**

1. **Надежность:** Возможность резервного водоснабжения при аварии на одном из участков.
2. **Устойчивость давления:** Равномерное распределение давления во всей сети.
3. **Эффективное использование ресурсов:** Возможность оптимизации использования насосов и трубопроводов.

### **Основы начального потокораспределения**

Начальное потокораспределение — это процесс определения направлений и величин потоков воды в разных участках сети при заданных условиях работы (например, потребностях потребителей, мощности насосных станций и давлениях на входах и выходах). При проектировании сети и ее запуске важно правильно рассчитать, как будет распределяться поток воды между различными узлами, чтобы обеспечить необходимое давление и объем воды на каждом участке сети.

**Основными факторами, влияющими на начальное потокораспределение, являются:**

Гидравлические параметры сети: длина труб, их диаметр, шероховатость внутренних стенок.

Мощность и расположение насосных станций.

Потребности потребителей: объем воды, который необходим каждому потребителю в различных точках сети.

Расположение водозаборных сооружений и резервуаров.

### **Методы расчета потокораспределения**

Для определения начального потокораспределения в кольцевых сетях водоснабжения используются различные математические и численные методы, основанные на уравнениях гидравлики и принципах сохранения энергии и массы. Наиболее распространенные методы:

**1. Метод узловых расходов:** В этом методе рассматриваются узлы сети, в которых происходит перераспределение потоков. Для каждого узла составляется система уравнений, где учитываются входящие и исходящие потоки воды. Суммарный входящий поток должен быть равен исходящему, что обеспечивает выполнение принципа сохранения массы. Этот метод особенно эффективен для больших и сложных сетей.

**2. Метод балансировки потоков:** Применяется для поиска оптимального распределения потоков с учетом сопротивления трубопроводов и текущих потребностей узлов сети. Этот метод использует итеративные алгоритмы, которые корректируют потоки на каждом шаге до достижения оптимального решения. Одним из наиболее известных методов является метод Хардди-Кросса.

**3. Метод минимизации энергии:** Основан на принципе минимизации затрат энергии при движении потока воды по сети. Для каждого участка сети рассчитываются потери энергии (в первую очередь из-за трения и сопротивления труб), и потоки перераспределяются таким образом, чтобы минимизировать эти потери.

**4. Компьютерное моделирование:** Современные программные пакеты, такие как EPANET, WaterGEMS и другие, позволяют проводить детализированные гидравлические расчеты сетей водоснабжения с учетом большого числа параметров. Эти инструменты позволяют моделировать как статическое распределение потоков, так и динамические процессы изменения давления и потоков в сети.

Первой подготовительной операцией, предшествующей расчету кольцевой сети, является начальное распределение потоков воды по ее линиям. В кольцевой сети, в отличие от разветвленной, заданные отборы

воды в узлах могут быть обеспечены неограниченным числом вариантов распределения потоков воды по ее участкам.

Одним из основных условий, предъявляемых к начальному потокораспределению, является удовлетворение требований надежности. Под надежностью сети понимается ее свойство при любых случайных событиях, требующих выключения из работы отдельных участков, подавать потребителям воду в количествах не ниже установленных пределов. Надежность сети обеспечивается наличием в ней не менее двух параллельных транзитных магистралей, транспортирующих воду от точек подачи ее к сети до наиболее удаленных участков. Эти магистрали должны быть взаимозаменяемыми при аварии, т. е. иметь примерно равную пропускную способность. Кроме того, переемы между магистралями должны иметь достаточную пропускную способность для возможности переброски воды с одной магистрали на другие (параллельные) в случае аварий на одной из них. Эффективным способом увеличения надежности водообеспечения является кольцевание сетей.

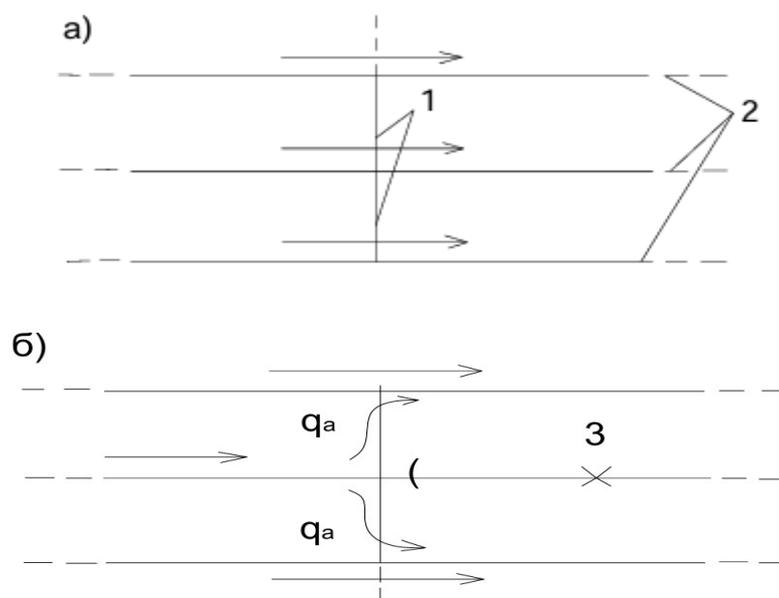
### **Метод исследования и результаты**

Начальное потокораспределение, служащее основой для определения диаметров труб сети, должно быть намечено одновременно для всех расчетных случаев, которые могут существенно влиять на расходы участков и напоры в них. Для каждого из таких расчетных случаев предварительно намечают по совмещенным графикам подачи и потребления воды предполагаемые величины подач водопитателей и нефиксированных отборов.

Характер потокораспределения в сети в большой степени зависит от ее конфигурации, расположения водопитателей и напорных емкостей. Начальное распределение потоков для каждого расчетного случая производят с удовлетворением (точно или приближенно) баланса расходов в узлах сети (первый закон Кирхгофа).

Схемы начального потокораспределения для выбранных расчетных случаев позволяют установить значения расчетных расходов отдельных участков и определить по ним диаметры труб. Разумеется, для различных расчетных случаев расходы на одних и тех же участках будут различными.

Обычно один из основных расчетных случаев работы сети определяет для всех или большинства участков сети диктующие расходы. Иногда для отдельных участков перед определением диаметров приходится вносить в расчетные расходы коррективы исходя из вероятной нагрузки этих участков при других расчетных случаях.



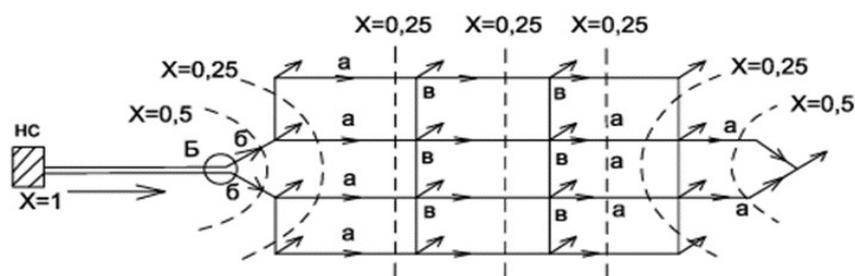
**Рисунок 1.**

Здесь: 1-перемычки; 2-магистралы; 3-место аварии.

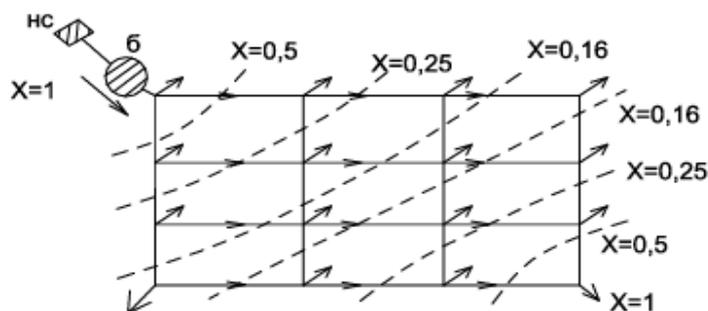
Для назначения диаметров перемычек, которые при нормальной работе системы (рис. 1,а) нагружены весьма слабо или совсем не работают, следует принимать расход  $q_a$ , перебрасываемый по перемычке в случае аварии (рис. 1, б). Этот расход будет меньше идущего по магистрали ( $q_a = \alpha q$ ), так как он передается на несколько соседних магистралей. Диаметры перемычек можно назначать по конструктивным соображениям после определения наивыгоднейших диаметров магистралей. Обычно диаметр перемычки принимают на один порядок ниже (по соответствующему стандарту используемых труб).

Как уже отмечалось, характер движения воды по участкам кольцевой сети в значительной степени зависит от ее конфигурации и расположения точек подачи воды к сети и крупных (фиксированных и нефиксированных) отборов воды.

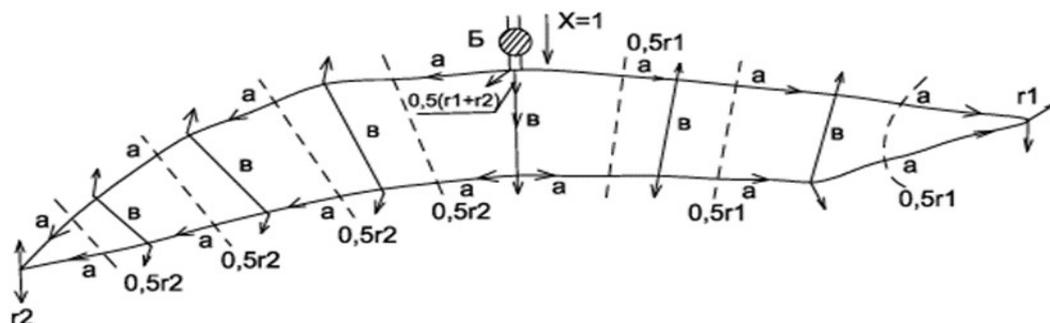
а)



б)



в)



**Рисунок 2. Движения воды по участкам кольцевой сети.**

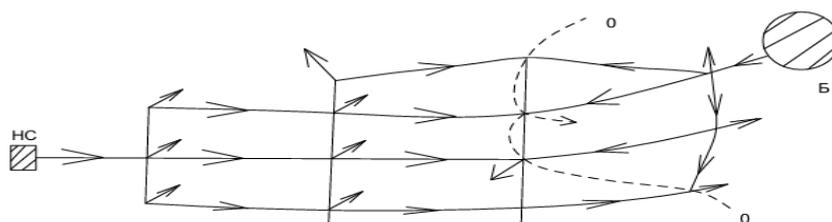
Рассмотрим прежде всего системы с одним водопитателем (насос и башня в начале сети) без нефиксированных отборов.

На схеме, приведенной на рис 2,а, представлена сеть такой конфигурации, при которой четко разграничена роль отдельных линий сети. Линии а — это постоянно нагруженные транзитные магистрали. Линии б — распределительные «гребенки», тоже постоянно нагруженные; они раздают воду по магистралям. Наконец, линии в — перемычки, работающие при авариях на магистралях.

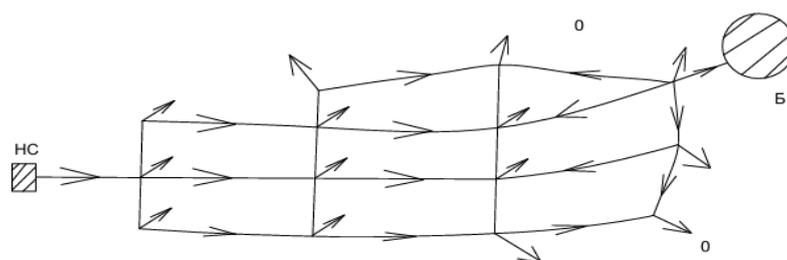
На схеме рис. 2,б представлена сеть, в которой расположение водопитателей обуславливает отсутствие четкого различия между транзитными магистралями и перемычками. Все линии сети постоянно нагружены (в той или иной степени). При аварии на одном из участков параллельные участки работают с большей нагрузкой.

Сеть, показанная на рис. 2,в, при одном источнике питания имеет две конечные точки не схода. Центральная линия б от водопитателя играет роль распределительной «гребенки», работающей на оба направления, а по каждому из двух направлений проходят линии параллельных магистралей а с соответствующими перемычками в. Конечных точек схода может быть несколько.

а)



б)



**Рисунок 3. Системы с общим числом водопитателей и нефиксированных отборов.**

Рассмотрим далее системы с общим числом водопитателей и нефиксированных отборов, равным двум. Распространенной системой такого типа является система с контррезервуаром. В этой системе в часы наибольшего водопотребления вода поступает в сеть от насосов и от башни, которая в указанный период служит вторым водопитателем (рис. 3,а). В периоды превышения подачи воды насосами над водопотреблением избыток подаваемой воды проходит транзитом через сеть и поступает в башню, которая в этот период работает как нефиксированный отбор (рис. 3,б).

Начальное потокораспределение в таких сетях должно быть намечено одновременно для двух расчетных случаев — на работу в часы наибольшего водопотребления и на работу в часы наибольшего транзита воды в башню. Если предусмотрена равномерная работа насосов в течение суток, то расходы в головных участках сети в обоих расчетных случаях будут мало изменяться. В участках сети, примыкающих к точке присоединения башни, расчетные расходы будут менять знак при этих расчетных случаях, но значения их

обычно не будут сильно различаться. Значительно меняется нагрузка в часы наибольшего водопотребления и в часы транзита в участках сети, примыкающих (и близких) к границе зон питания сети от насосов и от башни. Расходы в часы транзита здесь часто оказываются большими.

За основной расчетный случай для определения диаметров труб магистральной сети следует принимать работу часы наибольшего транзита воды в башню.

Характер движения воды в сети с контррезервуаром будет зависеть от ее конфигурации и взаимного расположения точек присоединения водоводов от насосов и от башни. Это оказывает соответствующее влияние на назначение диаметров отдельных линий.

К категории сетей, имеющих общее число водопитателей и нефиксированных отборов, равное двум, относятся также сети, питаемые от двух насосных станций или от одной насосной станции и одного напорного резервуара, постоянно подающего воду в сеть. Такая система тоже может иметь одну, две и более точек схода. Как и в сетях с одним водопитателем, в рассматриваемых сетях при начальном потокораспределении должны быть предусмотрены и соблюдены требования надежности.

**В системах с несколькими (более двух) водопитателями и нефиксированными отборами** распределение потоков воды в отдельные периоды работы (как и выбор расчетных расходов) может оказаться весьма сложным.

Таким образом, на основании принятого начального распределения потоков воды в сети (любого типа) для основных расчетных случаев могут быть получены значения расходов, по которым определяются диаметры труб с соблюдением требований экономичности и надежности.

Следует отметить, что нахождение значений наивыгоднейших диаметров осуществимо только при заданном потокораспределении, т. е. при некоторых принятых значениях расходов в участках сети.

Нахождение наивыгоднейшего распределения расходов в кольцевой сети приводит к превращению ее в разветвленную (для удовлетворения тех же заданных узловых отборов).

### **Факторы, влияющие на потокораспределение**

1. Диаметр трубопроводов: Чем больше диаметр трубы, тем меньше сопротивление потоку, и больше воды может быть передано через этот

участок. Распределение диаметров по сети играет ключевую роль в обеспечении нужного потока воды к каждому потребителю.

2. Длина трубопроводов: Более длинные трубопроводы имеют большее гидравлическое сопротивление, что требует большего давления для прокачки воды.

3. Высота рельефа: Разница в высотах различных частей сети может значительно повлиять на распределение давления, и, как следствие, на распределение потоков.

4. Потребности в воде: Пиковые нагрузки, потребности разных потребителей на разных участках сети требуют гибкого подхода к потокораспределению, особенно в часы наибольшего потребления.

### **Проблемы и задачи начального потокораспределения**

Одной из основных проблем при расчете начального потокораспределения является учет изменчивости потребностей в воде. В условиях реальной эксплуатации потребление воды может варьироваться в зависимости от времени суток, сезона и многих других факторов. Это требует разработки моделей, способных учитывать динамические изменения в сети.

Еще одной важной задачей является балансировка давления в сети. Для предотвращения возникновения зон с низким или чрезмерно высоким давлением необходимо тщательно настраивать работу насосов и корректировать диаметр труб на различных участках сети.

**Заключение:** Начальное потокораспределение в кольцевых сетях водоснабжения — это ключевой этап проектирования и эксплуатации таких сетей, который напрямую влияет на их эффективность и надежность. Правильное распределение потоков позволяет минимизировать затраты энергии, обеспечить равномерное давление во всей сети и избежать перегрузок на отдельных участках. Современные методы математического моделирования и компьютерные технологии позволяют значительно упростить и ускорить процесс расчета начального потокораспределения, обеспечивая высокую точность и адаптивность к изменяющимся условиям.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Н.Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов, В. Н. Варапаев, Д. Х. Керимова. Расчет водопроводных сетей. – М.: Стройиздат, 1983. – 30 с.
2. Сомов М.А. Журба М.Г. Водоснабжение, Том 1 2010 год

3. Дерюшев Л.Г. Надежность сооружений систем водоснабжения Учебное пособие. — М.: МГСУ, 2015. — 280 с
4. К.Байманов., Г.Шаниязов., Р.Байманов., А.Сейтимбетов “Проектирования сетей водоснабжения” Ташкент – 2022.