

конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.151-157.

Получено 05.11.2006

УДК 628.14

В.И.СОКОЛЬНИК, Н.А.УКРАИНЕЦ, кандидаты техн. наук,
О.Г.ДОБРОВОЛЬСКАЯ

Запорожская государственная инженерная академия

О ВЛИЯНИИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА РАЗМЕРЫ ЗОН НЕДОСТАТОЧНОГО НАПОРА В ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Рассматриваются закономерности изменения размеров зон недостаточного напора в системах водоснабжения с различным расположением невыгодных точек при различных рельефах местности.

Для оперативного управления работой системы подачи и распределения воды города необходимо контролировать давление в характерных точках водопроводной сети. Такой контроль позволяет оперативно реагировать на недопустимые колебания напоров в этих точках, обеспечивая обратную связь между водопитателями и водопотребителями.

Существующие системы моделирования процессов движения воды в водопроводной сети путем гидравлических расчетов (например, система WaterCAD компании Hasted Method [1], программа ERACLITO, программный комплекс ZuluHydro ООО Политерм (г.Санкт-Петербург, Россия), геоинформационная система контроля качества воды [2] (г.Запорожье) и др.) не решают проблему выбора необходимого количества и месторасположения контрольных узлов на сети. При разработке системы оперативного управления каждый раз приходится решать задачу выбора количества и мест расположения характерных точек на сети города. Это достаточно сложная и неоднозначная задача, решение которой должно обеспечивать как чисто информационные, так и управленческие цели.

В любой централизованной системе водоснабжения напор водопитателей определяется требуемым напором в невыгодной точке сети. Однако ориентироваться только на эту точку при разработке системы оперативного управления нельзя, потому что гидравлические параметры в этой точке без учета ряда других факторов не отражают ущерб, наносимый потребителю при нарушении этих параметров. Очевидно, что надо учитывать не просто выход этих параметров за допустимые пределы, а оценивать величины зон недостаточного напора при различных ситуациях. Для этого необходимо прогнозировать размеры зон недостаточного напора с учетом имеющегося рельефа местности.

Рассмотрим, как изменяются зоны недостаточных напоров в централизованных системах с различным расположением невыгодных точек при различных рельефах местности. Для упрощения задачи будем полагать, что местность имеет постоянный уклон i_M , напор в месте расположения водонапорной башни H_0 не изменяется.

На рис. 1.А показана схема пьезометрических линий в сети с гидравлическим уклоном i_1 при нормальной работе и i_2 при возрастании сопротивления сети (по тем или другим причинам).

Условно будем полагать, что сопротивления в сети пропорционально изменяется от точки подачи до конечной точки. Пусть невыгодная точка находится в конце сети (т.1). В ней, как известно, должно соблюдаться условие, чтобы фактический напор H_1 был равен требуемому $H_{тр}$. В случае увеличения потерь напора в сети невыгодная точка переместится на расстояние l в т.3. Это расстояние будет определять длину зоны недостаточного напора, определить которую можно из следующих соображений.

Потери напора в сети h при различных ситуациях и $H_0 = const$ будут постоянными. Поэтому будут справедливы соотношения

$$h = i_1 l_1; \quad h = i_2 l_2. \quad (1)$$

Тогда

$$i_1 l_1 = i_2 l_2, \quad (2)$$

откуда длина зоны l_2 , где напор будет не меньше требуемого, равна:

$$l_2 = i_1 / i_2 \times l_1, \quad (3)$$

а длина зоны недостаточного напора l будет

$$l = l_1 - l_2 = l_1 (1 - i_1 / i_2). \quad (4)$$

Как видно из рассмотренного случая, при $i_M = 0$ длина зоны недостаточного напора в основном определяется степенью увеличения потерь напора в сети.

Рассмотрим теперь, как изменится длина зоны недостаточного напора, если невыгодная точка в сети будет между конечной и начальной точкой (рис. 1.Б). В этом случае снижение пьезометрической линии при увеличении потерь напора приведет к перемещению невыгодной точки в точку 4. При этом длина зоны недостаточного напора l_H при застройке зданиями одинаковой этажности будет определяться выражением

$$l_H = l_1' - l_2, \quad (5)$$

где l_1' – общая протяженность сети; l_2 – расстояние от точки питания (т.2) до нового положения невыгодной точки.

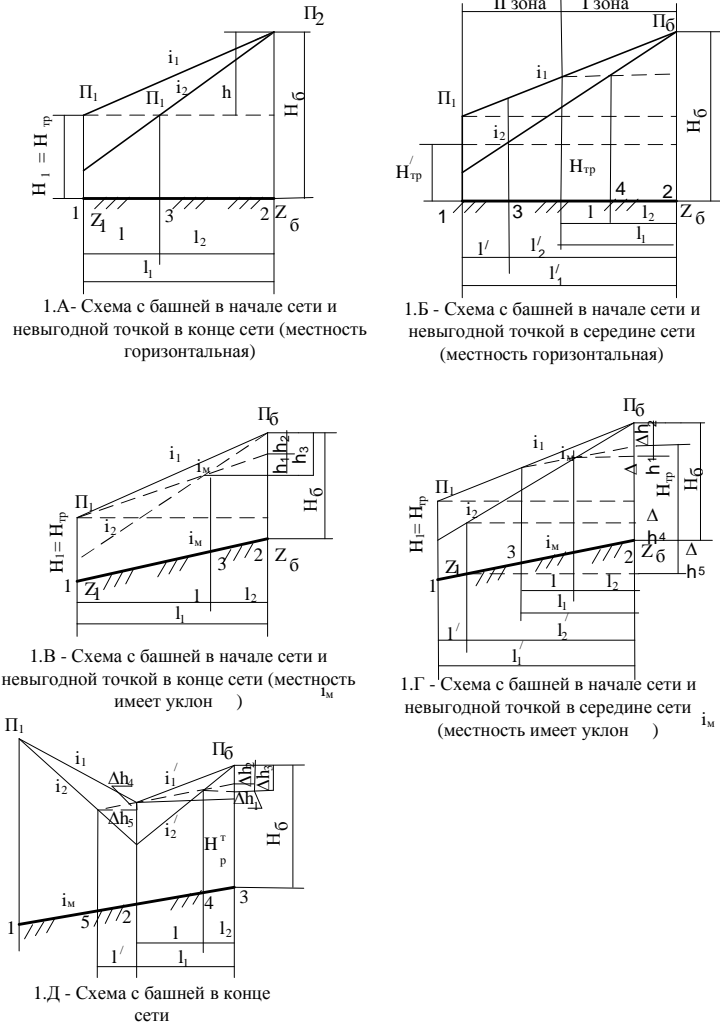


Рис.1 – Схемы водопроводной сети

Величина l_2 определяется выражением (3). Если сеть снабжает город с различной этажностью застройки, то из-за падения напоров на участке от т.1 до т.3 могут появиться дополнительные зоны недостаточных напоров. Пусть в этом районе возникнет невыгодная точка с требуемым напором H'_{mp} (т.1). В этом случае, как видно из рис.2, справедливо соотношение:

$$i_2 l_2' = i_1 l_1' + \Pi_1 - H'_{mp} - Z_1, \quad (6)$$

где Π_1 – пьезометрическая отметка в т.1 при нормальной работе сети; Z_1 – абсолютная отметка местности в т.1.

Учитывая, что

$$i_2 l_2' = H_6 - H'_{mp}, \quad (7)$$

получим

$$l_2' = \frac{H_6 - H'_{mp}}{i_2}. \quad (8)$$

Тогда длина зоны недостаточного напора на участке от т.1 до т.3 будет равна

$$l' = l_1' - l_2', \quad (9)$$

а общая длина зон недостаточного напора в этом случае

$$l_0 = l + l_1' = l_1 \left(1 - \frac{i_1}{i_2} \right) + l_1' - \frac{H_6 - H'_{mp}}{i_2}, \quad (10)$$

где l_1 – расстояние от невыгодной точки в I зоне до точки питания;

l_1' – расстояние от невыгодной точки во II зоне до точки питания.

Из последнего выражения видно, что как и в I случае длина зоны недостаточного напора определяется гидравлическими характеристиками сети.

Рассмотрим случай, когда невыгодная точка в сети находится в ее конце, этажность застройки одинаковая, а местность имеет уклон i_M с

подъемом к точке питания (рис.1.В). При этом будем полагать, что $i_M \leq i_1$. В этом случае увеличение потерь напора в сети приведет к

перемещению невыгодной точки в т.3. соотношения между потерями напора на разных участках будут описываться выражением:

$$\Delta h_1 = i_M l_2; \Delta h_3 = i_2 l_2; \Delta h_2 = \Delta h_3 - \Delta h_1; \Delta h_2 = \Pi_{\delta} - Z_{\delta} - H_{mp}, \quad (11)$$

$$\Delta h_2 = \Pi_{\delta} - Z_{\delta} - H_{mp}, \quad (12)$$

где Π_{δ} – пьезометрическая отметка уровня воды в башне; Z_{δ} – абсолютная отметка поверхности земли в т.2; Δh_1 – падение местности на участке от т.2 до т.3; Δh_3 – потери напора в сети на участке от нового положения невыгодной точки (т.3) до начала сети (т.2).

Из соотношения (12) получим

$$i_2 l_2 - i_M l_2 = \Pi_{\delta} - Z_{\delta} - H_{mp} \quad \text{или} \quad i_2 l_2 - i_M l_2 = H_{\delta} - H_{mp}. \quad (13)$$

Откуда

$$l_2 = \frac{\Pi_{\delta} - Z_{\delta} - H_{mp}}{i_2 - i_M} = \frac{H_{\delta} - H_{mp}}{i_2 - i_M}, \quad (14)$$

а длина зоны недостаточного напора будет равна

$$l = l_1 - l_2 = l_1 - \frac{H_{\delta} - H_{mp}}{i_2 - i_M}. \quad (15)$$

Если $i_M \geq i_1$, невыгодная точка в конце сети возможна только при разной этажности застройки. При этом длина зоны недостаточного напора будет равна расстоянию от т.1 до первой невыгодной точки в зоне с меньшей этажностью.

Пусть невыгодная точка находится в т.3 между т.1 и т.2 при $i_M \leq i_1$ (рис.1.Г). В этом случае условия перемещения невыгодной точки характеризуются следующими соображениями: для зоны сети, в которой напоры определяются исходной невыгодной точкой, зависимостями (12)-(15); для зон, в которых появляются свои невыгодные точки, дополнительные к исходным, справедливы соотношения:

$$i_2 l_2' = H_{\delta} - \Delta h_4; \Delta h_4 = H_{mp}' - \Delta h_5; \Delta h_5 = i_M l_2'; i_2 l_2' = H_{\delta} - (H_{mp}' - i_M l_2'). \quad (16)$$

Откуда

$$l_2' = \frac{H_{\delta} - H_{mp}'}{i_2 - i_M}. \quad (17)$$

Тогда общая длина зон недостаточного напора будет

$$l_0 = l + l' = l_1 - \frac{H_{\bar{\sigma}} - H_{mp}}{i_2 - i_M} + l' - \frac{H_{\bar{\sigma}} - H'_{mp}}{i_2 - i_M}. \quad (18)$$

В системе с контррезервуаром невыгодная точка в сети находится на границе зон питания. Поэтому увеличение потерь напора в сети приводит к образованию зон недостаточного напора, как правило, также на границе зон питания (рис.1.Д). В этом случае в зоне питания башни невыгодная точка перемещается в т.4, а в зоне питания насосной станции – в т.5. Для зоны питания башни справедливы соотношения:

$$\Delta h_1 = i_M l_2; \Delta h_3 = i_2' l_2; \Delta h_2 = H_{\bar{\sigma}} - H_{mp}; \Delta h_1 = \Delta h_3 - \Delta h_2; \quad (19)$$

$$\Delta h_1 = i_2' l_2 - H_{\bar{\sigma}} + H_{mp}; i_M l_2 = i_2' l_2 - H_{\bar{\sigma}} + H_{mp}; \quad (20)$$

$$l_2 = i \frac{H_{\bar{\sigma}} - H_{mp}}{i_2' - i_M}, \quad (21)$$

где i_2' – гидравлический уклон в зоне питания башни после увеличения сопротивления в сети; l_2 – расстояние от нового положения невыгодной точки до башни; H_{mp} – требуемый напор в исходной невыгодной точке.

Выражение (10) позволяет найти длину зоны недостаточного напора в той части сети, которая питается от башни:

$$l = l_1 - l_2 = l_1 - \frac{H_{\bar{\sigma}} - H_{mp}}{i_2' - i_M}. \quad (22)$$

Для зоны питания насосной станции справедливы соотношения:

$$\Delta h_4 = i_M l'; \Delta h_5 = i_2 l'; \quad (23)$$

$$i_M l' + i_2 l' = H_{mp} - H_{\phi}. \quad (24)$$

Откуда

$$l' = \frac{H_{mp} - H_{\phi}}{i_M + i_2}. \quad (25)$$

Общая длина зоны недостаточного напора

$$l_0 = l + l' = l_1 - \frac{H_{\sigma} - H_{mp}}{i_2 - i_m} + \frac{H_{mp} - H_{\phi}}{i_m + i_2} . \quad (26)$$

Таким образом, анализ влияния рельефа местности на размеры зон недостаточного напора в водопроводной сети показал:

- при горизонтальной местности размер этих зон зависит только от гидравлических характеристик сети;
- с увеличением уклона местности длина зоны недостаточного напора уменьшается;
- при расположении невыгодных точек в середине сети в системах с башней в ее начале в зависимости от характера застройки возможно появление нескольких зон недостаточного напора;
- оценить длину зоны недостаточного напора можно по формулам (4), (10), (15), (18), (26).

1. Кушка О.М., Степова Н.Г. WATERCAD-програма для проектування та оптимізації роботи водопровідних мереж // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. – К.: КНУБА, 2003. – С. 63-71.

2. Миросенко Д.А., Савин В.В. Геоинформационная система контроля качества питьевой воды в городской сети водоснабжения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.27. – К.: Техніка, 2001. – С.10-16.

Получено 05.11.2006

УДК 628.157

С.Б.КОЗЛОВСКАЯ, Г.И.БЛАГОДАРНАЯ,

Ю.В.ЯРОШЕНКО, кандидаты техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ИЗНОШЕННЫХ ВОДОВОДОВ

Анализируется состояние технически изношенных водоводов г.Харькова. Рассмотрены методы санации водопроводных сетей. Приведены результаты, которые можно достичь путем качественно проведенной санации трубопроводов.

В комплексе системы водоснабжения любого города самым дорогим элементом является система транспортирования как питьевой, так и технической воды. Эта система включает магистральные водоводы и распределительную сеть с установкой на них арматуры, необходимой для обслуживания системы, ремонта и обеспечения надежной и безаварийной работы трубопроводов. Стоимость подачи и распределения воды составляет от 40 до 70% стоимости всей системы водоснабжения города, а по оценкам статистических исследований утечки воды из сетей в различных городах достигают 30% и более. Во многом это вызвано тем, что существовавшая долгие годы практика строительства