

## К вопросу выбора точек питания водопроводной сети

В статье рассмотрены вопросы влияния точки подключения водопроводной сети к водопитателю на гидравлические и экономические показатели систем водоснабжения.

**Ключевые слова:** водопроводная сеть, точка питания, избыточные свободные напоры, диаметры труб.

Характерной особенностью водопроводной сети населенного пункта является большая протяженность трубопроводов, достигающая в крупных городах нескольких тысяч километров. Затраты на строительство сети достигают 80 % от затрат на сооружение всей системы водоснабжения. Еще значительнее доля электроэнергии, затрачиваемой на транспортирование воды до потребителя, а расход электроэнергии является главной статьей эксплуатационных расходов организаций, в ведении которых находятся водопроводы. В связи с этим поиск технических решений, позволяющих уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты в части водораспределительных систем, является весьма актуальным.

Протяженность водопроводной сети определяется планировкой населенного пункта, обуславливающей местоположение потребителей воды. Одним из основных принципов

градостроительства является компактность застройки, что позволяет минимизировать протяженность инженерных коммуникаций, автодорог, линий связи, пассажирских транспортных маршрутов и т.д. Проектирование систем водоснабжения, в том числе магистральных и водораспределительных трубопроводов, ведется на основании утвержденного генерального плана населенного пункта, что, по сути, и предопределяет протяженность сети коммуникаций без возможности существенного ее сокращения. Однако стоимость строительства сети зависит не только от ее протяженности, но и от диаметра трубопроводов (рис. 1).

Диаметр трубопроводов зависит от транзитного потока воды, величина которого определяется не только объемами водопотребления, но и расположением точек питания сети (рис. 2).

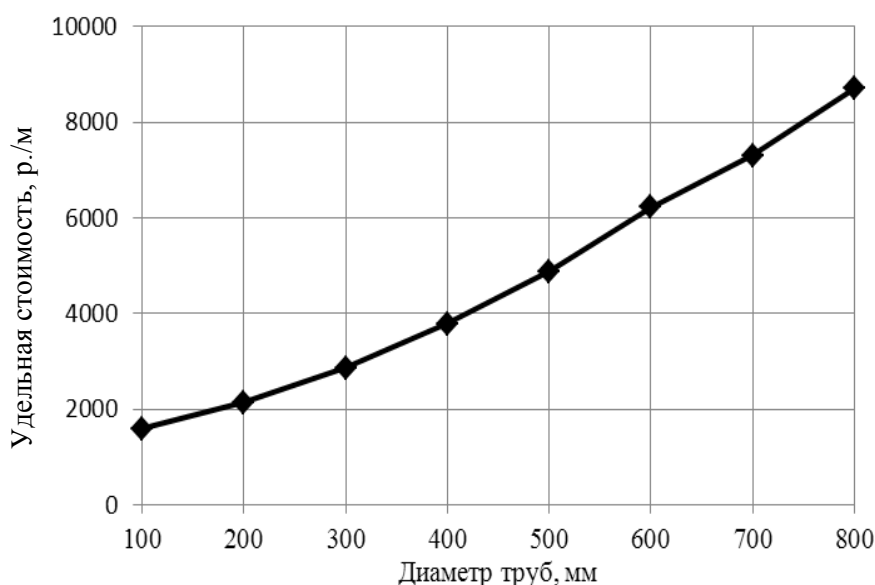


Рис. 1. Зависимость стоимости строительства сети водоснабжения от диаметра трубопроводов

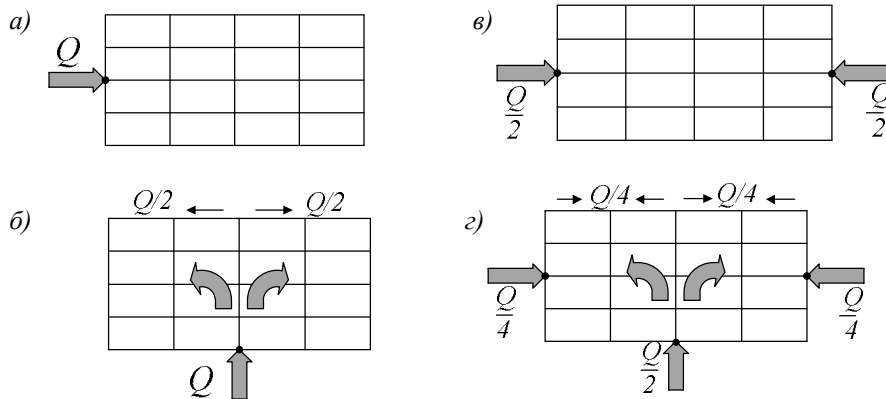


Рис. 2. Влияние точки питания сети на величину транзитного потока: а – сеть с одной точкой питания и однонаправленным транзитным потоком ( $Q$ ); б – то же, но с разделяющимся транзитным потоком ( $Q/2$ ); в – сеть с двумя точками питания; г – сеть с тремя точками питания

Как видно из рис. 2, изменяя местоположение точки питания сети (б) и увеличивая их количество (в, г), можно добиться уменьшения транзитного потока в 2–4 раза. Если учесть, что между диаметром трубопровода и расходом воды существует квадратичная зависимость, то очевидно, что возможно уменьшение диаметра в 1,5–2 раза.

Местонахождение точек питания сети и их количество существенно влияют на расход электроэнергии на транспортирование воды по сети:

$$\mathcal{E} = kQH,$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $Q$  – расход воды;  $H$  – напор воды в трубопроводе.

На рис. 3 представлены эпюры требуемых и фактических свободных напоров в сети.

Площадь фигуры  $ABCDFA$  является эквивалентом полезно израсходованной электроэнергии, а площадь фигуры  $FDEKF$  – бесполезно израсходованной электроэнергии, так как она тратится на создание ненужных избыточных свободных напоров в сети. Из анализа фигур видно, что при перемещении точки питания из  $A$  в  $B$  исчезает  $FEKF$ , что эквивалентно сэкономленной электроэнергии.

Выбор точки питания сети важен не только при проектировании новой системы, но, что важнее, – при реконструкции и разви-

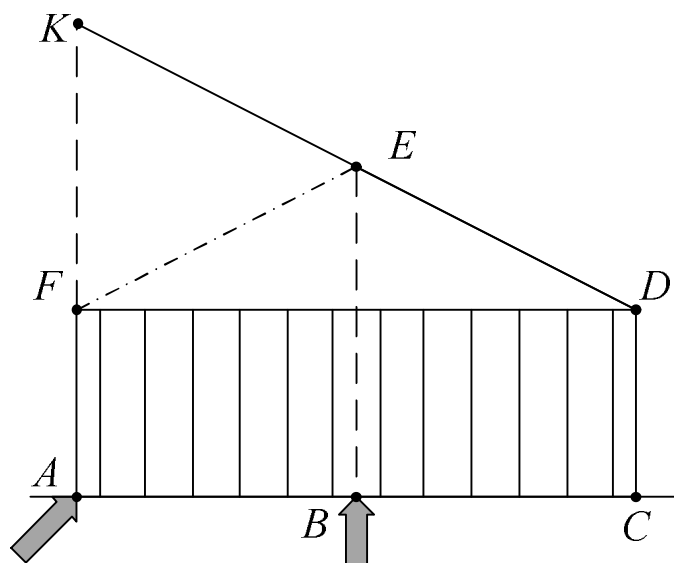


Рис. 3. Эпюры требуемых и фактических свободных напоров в сети:  $ABCDFA$  – эпюра требуемых свободных напоров в сети;  $ABCDEKFA$  – эпюра фактических свободных напоров при точке питания  $A$ ;  $ABCDEF$  – то же при точке питания  $B$

тии водопровода, так как правильное решение в данном случае позволяет сократить не только расход электроэнергии, но и уменьшить нагрузки на существующую сеть, снизив тем самым ее износ и аварийность. В работе [1] рассматривается задача определения диаметра водовода, прокладываемого вглубь водопроводной сети с целью подпитки отдаленных районов населенного пункта без повышения давления в трубопроводах в начале сети. Развивая эту тему далее, можно поставить задачу переброски воды в дальний район населенного пункта с понижением давления в начале сети (рис. 4), что чрезвычайно важно для старых сетей с высокой степенью физического износа.

Как следует из рис. 4, при достаточном диаметре новой нитки водовода, подключенной к сети в точке *C*, обеспечивается увеличение свободных напоров в зоне сети *CD* с ликвидацией дефицита напора  $\Delta P_k$ . Вместе с тем за счет возвратного движения потока воды в сети в зоне *BC* наблюдается уменьшение избыточных свободных напоров во всей

сети в пределах зоны *ABC* (в точке *A* на величину  $\Delta P_n$ ).

Искомый диаметр трубопровода может быть подобран по таблицам [2] исходя из допустимого удельного сопротивления новой нитки водовода:

$$A_{\text{доп}} = \frac{\left( \frac{1}{\sqrt{S_1}} - \frac{1}{\sqrt{S_2}} \right)^2 - S_3}{l},$$

где  $S_1$  – допустимое полное сопротивление всей системы с учетом новой нитки водовода;  $S_2$  – полное сопротивление существующих водоводов и сети в зоне *AB*;  $S_3$  – полное сопротивление существующей сети в зоне *BC*;  $l$  – длина новой нитки водовода.

Допустимое полное сопротивление всей системы определяется по формуле

$$S_1 = \frac{H_T - H_r}{(Q + \Delta Q)^2} - S_{\text{ис}},$$

где  $H_T$  – теоретический напор насосов при нулевой подаче воды;  $H_r$  – геометрическая высота подъема воды, включая требуемый свободный напор в диктующей точке *D*;

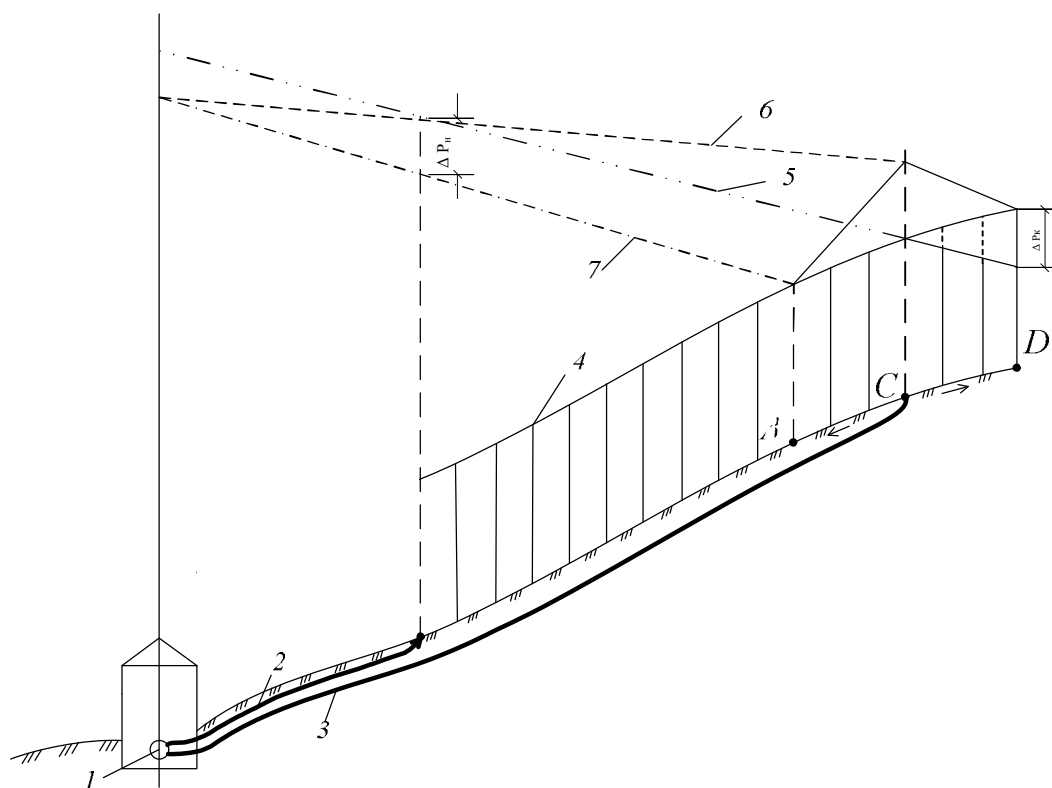


Рис. 4. Схема пьезометрических линий: 1 – насосная станция второго подъема; 2 – существующие водоводы; 3 – новая нитка водовода; 4 – эпюра требуемых свободных напоров; 5 – положение пьезометрической линии до прокладки новой нитки водовода; 6, 7 – положение пьезометрических линий после прокладки новой нитки (6 – по новой нитке; 7 – по существующим водоводам и сети)

$Q$  – фактическая подача воды в сеть до строительства новой нитки водовода;  $\Delta Q$  – дефицит подачи воды потребителям;  $S_{\text{нс}}$  – полное сопротивление насосов, подающих воду в сеть.

Величины  $S_2$  и  $S_3$  определяются на основании соответствующих гидравлических испытаний водоводов и сети [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что правильный выбор точки питания водопроводной сети позволяет снизить затраты на ее строительство и эксплуатацию, уменьшить избыточные свободные напоры в сети и снизить аварийность трубопроводов.

### Библиографический список

1. Кунц К.Л. К расчету водопроводной сети при ее реконструкции // Водоснабжение, водоотведение, воздействие льда на инженерные сооружения в Сибири: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Н.Д. Артеменка. Новосибирск: НИИЖТ, 1993. С. 37–40.
2. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие. 9-е изд., испр. М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. 352 с.
3. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Справ. / Под ред. В.Д. Дмитриева, Б.Г. Мишукова. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1988. 383 с.

*Kunts K.L., Kim I.L. To the Problem of Choosing a Point of Connection of a Water Supply System. The influence of a point of connection of a water supply system to a water feeder on the hydraulic and economic indicators of the water supply systems is considered.*

**Key words:** *water supply system; point of connection; excess free-stream pressure; pipes' diameters.*

**Кунц Константин Леонтьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика, водоснабжение, водные ресурсы и экология» СГУПС. Научные интересы: гидравлика трубопроводных систем и технологии водоподготовки. E-mail: pgs@stu.ru

**Ким Игорь Леонидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика, водоснабжение, водные ресурсы и экология» СГУПС. Научные интересы: гидравлика трубопроводных систем. E-mail: kim120767@yandex.ru