Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ПОВЫШЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ЦТП

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова

У т в е р ж д е н ы
приказом министра жилищно-
коммунального хозяйства РСФСР
№ 260 от 14 июня 1977 г.

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ПОВЫШЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ЦТП

Отдел научно-технической информации АКХ
Москва 1977

УДК 696.4

В настоящих рекомендациях даны основы расчета систем горячего водоснабжения с повышенной гидравлической и тепловой устойчивостью.

Рекомендации составлены на основе проведенного анализа гидравлических режимов в стояках, секционных узлах и системах горячего водоснабжения, а также результатов расчетов на ЭЦВМ системы горячего водоснабжения в режимах циркуляции и водоразбора при различном перепаде давлений на стояках и предназначены для использования местными органами жилищно-коммунального хозяйства и предприятиями объединенных котельных и тепловых сетей при реконструкции, наладке существующих и проектировании новых систем горячего водоснабжения от ЦТП.

Рекомендации разработаны кандидатами технических наук Н.Г.Дворецковым и А.С.Глуховским.

Предложения и замечания просьба направлять по адресу: 123373, Москва, Д-373, Волоколамское шоссе, 116, Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова, отдел теплоснабжения и вентиляции.

©Академия коммунального хозяйства им.К.Д.Памфилова (АКХ),1977г.

Применение квартальных систем горячего водоснабжения с устройством центральных тепловых пунктов, решив отдельные проблемы, привело к возникновению других. Был решен вопрос с шумом, производимым при работе циркуляционными насосами систем горячего водоснабжения и насосами, повышающими давление в системе водопровода, которые ранее устанавливались в подвалах зданий. Уменьшено в несколько раз число регуляторов, снижена общая потребность в подогревателях горячего водоснабжения. Улучшены условия эксплуатации оборудования и т.д. Однако возникли и новые проблемы, одна из которых - ухудшение температурного режима в системе, приводящее в отдельных случаях к постоянному поступлению к водоразборной арматуре воды с недостаточной температурой, а во многих случаях - с пониженной температурой в начале водоразбора. Это явление приводит к необходимости слива теплой воды в начале водоразбора в канализацию, что влечет за собой потери тепла и воды. По мнению специалистов, потери тепла и воды оцениваются примерно в 10% от расходуемых на цели горячего водоснабжения.

Как известно, в системе имеет место сложный гидравлический режим, обусловленный наличием переменного расхода на водоразбор в течение суток. Наличие этого переменного расхода оказывает влияние на циркуляционный расход, приводя к изменению его величины и перераспределению внутри системы, что в конечном счете сказывается на температурном режиме в системе.

В практике проектирования систем горячего водоснабжения гидравлический расчет систем в режиме циркуляции обычно не производится, и каких-либо конструктивных мероприятий по распределению циркуляционного расхода по всей системе не предусматривается. Это было допустимо в домовых системах, но увеличение размеров систем с применением ЦТП привело к созданию систем, в отдельных частях которых имеется неудолетворительный температурный режим.

Трудности в организации хорошего циркуляционного режима усугубляются тем, что квартальные системы образуются из ряда механически объединенных домовых систем, которые отличаются друг от друга конструкцией стояков и секционных узлов, а следовательно, их гидравлическими характеристиками.

Применение ряда решений с целью выправления положения без глубокого изучения проблемы, в частности, замена циркуляционных насосов на насосы большей производительности, может оказаться не экономичным, и в ряде случаев не дает ожидаемого результата.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. В настоящее время широкое распространение имеют несколько схем систем горячего водоснабжения жилых зданий. Поскольку кварталы застраиваются разнотипными зданиями, то в квартале возникают системы горячего водоснабжения от ЦТП, объединяющие несколько различных видов схемных решений стояков систем горячего водоснабжения. Наиболее распространенными являются схемы, приведенные на рис.I.

2. Несмотря на разнообразие схем, стояк или секционный узел, с точки зрения гидравлики, представляет собой перемычку между подающей и циркуляционной магистралями. Циркуляция по стояку (перемычке) осуществляется за счет перепада давлений, создаваемого циркуляционным насосом. Перепад давлений на стояке (между точками врезки стояка в подающую и циркуляционную магистрали) определяет величину циркуляционного расхода по стояку. Этот перепад давлений оказывает влияние на гидравлический режим, который возникает в стояке при водоразборе. В зависимости от величин перепада давления на стояке и водоразбора возможны два варианта поступления воды к точке водоразбора: только из подающей магистрали с сохранением части циркуляционного расхода и из подающей и циркуляционной магистралей с прекращением циркуляции по стояку.

3. Система горячего водоснабжения в целом представляет собой ряд стояков или секционных узлов, включенных параллельно между подающей и циркуляционной магистралями. Схема системы является цепочечной и в циркуляционном режиме легко рассчитывается на ЭЦВМ. Такие расчеты были проведены в Академии. Анализ полученных данных для цепочечной системы горячего водоснабжения, состоящей из 48 парнозакольцованных стояков девятиэтажных зданий, показал, что в существующих системах горячего водоснабжения, без гидравлической увязки циркуляционных колец, которая обычно не производится, наблюдаются значительные по ве-

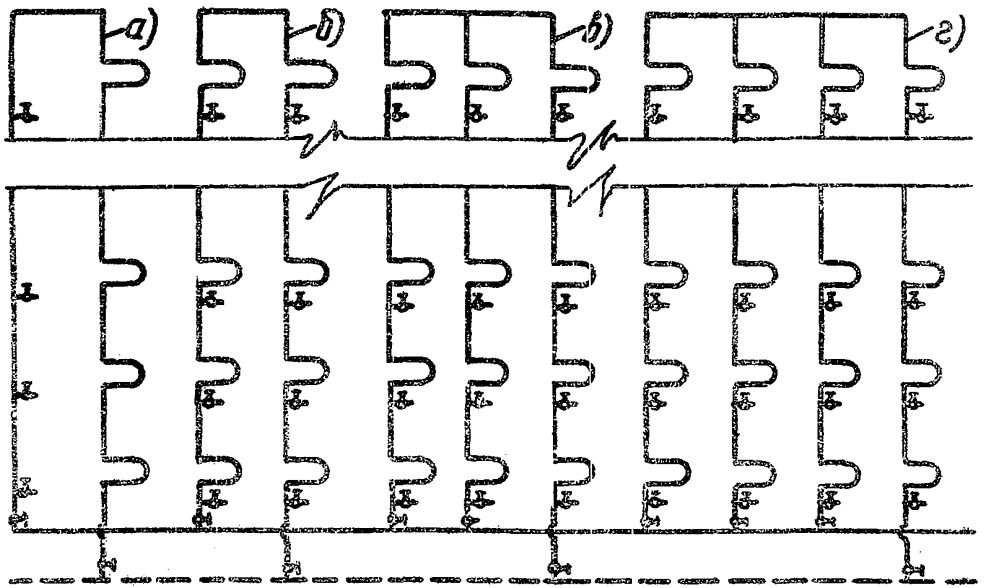


Рис.I. Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения:
а – система с циркуляционными стояками; б – то же, с парнозакольцованными стояками; в – то же, с тремя закольцованными стояками, один из которых подключен к циркуляционной линии; все с водоразбором; г – то же, с четырьмя закольцованными стояками, один из которых подключен к циркуляционной линии; все с водоразбором

личине изменения циркуляционного расхода по стоякам. Так, в принятой системе циркуляционный расход распределился в пределах от 179% в первом стояке до 24% от расчетного в последнем. Полученное распределение расходов показывает, что в подобных системах увеличение производительности циркуляционных насосов, практикуемое некоторыми проектными и эксплуатационными организациями с целью улучшения циркуляционного и температурного режима в системе, не может дать положительного эффекта. Для достижения расчетного циркуляционного расхода в последнем стояке в нашем случае требуется увеличить циркуляционный расход более чем в 4 раза, что, не говоря о экономической нецелесообразности, практически невозможно. Наличие малого циркуляционного расхода на последних стояках свидетельствует о наличии незначительного перепада давлений на стояке, что в свою очередь ухудшает гидравлический режим стояка при водоразборе и приводит к увеличению доли воды, поступающей к точке водоразбора из циркуляционной магистрали, температура воды в которой оказывается значительно ниже расчетной за счет ее большего выстывания в стояках при малых расходах. Значительно улучшить гидравлический режим стояка и распределение циркуляционных расходов в системе можно за счет увеличения сопротивления стояка путем введения местного сопротивления в стояк вблизи точки врезки его в циркуляционную магистраль. Увеличение потери напора в стояке в циркуляционном режиме до 20000 Па (2 м вод.ст) в рассматриваемой системе приводит к уменьшению разброса циркуляционных расходов, которое в этом случае составляет 130% от расчетного в первом стояке и 63% - в последнем. Доведение потерь напора в стояке до 40000 Па приводит к выравниванию расходов по стоякам, и они распределяются в пределах от 118 до 77%; до 60000 Па - от 113 до 84% и до 80000 Па - от 110 до 87%. Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что достаточно хорошее распределение циркуляционных расходов по стоякам в сис-

теме горячего водоснабжения может быть достигнуто без гидравлической увязки отдельных колец, требующей проведения трудоемких расчетов, а также сложных наладочных работ, связанных с выполнением мероприятий, разработанных в результате этого расчета. Это распределение может быть достигнуто путем введения технического устройства для создания местного сопротивления в стояк, врезаемый в циркуляционную магистраль.

4. Расчет системы горячего водоснабжения в режиме водоразбора, проведенный на ЭЦВМ М-222, показал, что повышение сопротивления стояков оказывает положительное влияние на гидравлический режим, способствуя равномерному распределению циркуляционного расхода по стоякам, в которых водоразбор отсутствует, и увеличению доли воды, поступающей на водоразбор из подающей магистрали.

5. Гидравлическая и тепловая устойчивость систем горячего водоснабжения от ЦТП может быть повышена при доведении потерь напора в стояках или секционных узлах системы в циркуляционном режиме до 20000 — 80000 Па.

6. Указанные потери напора в стояке или секционном узле в циркуляционном режиме следует получать за счет установки на стояке недалеко от места врезки его в циркуляционную магистраль специального технического устройства, служащего для создания местного сопротивления.

7. В качестве такого специального технического устройства рекомендуется применять трубопровод циркуляционного стояка уменьшенного диаметра, если этот стояк не выполняет функций водоразборного; кран повышенного сопротивления АКХ; вставку полдюймовой трубы определенной длины; дроссельную диафрагму.

8. Выбор типа устройства для создания местного сопротивления зависит от конструктивных особенностей системы, величины требуемого местного сопротивления и качества воды. При наличии в системе воды, склонной к накипеобразованию, предпочтительнее вместо дроссельных диафрагм

применять краны АКХ. Применение вставок из полдюймовой трубы рекомендуется в том случае, когда диаметр отверстия дроссельной диафрагмы получается очень малым и при наличии конструктивной возможности включения такой вставки в конструкцию стояка. В системах с секционными узлами и холостыми циркуляционными стояками увеличение сопротивления узла рекомендуется достигать за счет соответствующего подбора диаметра этого циркуляционного стояка.

9. Уменьшение диаметра водоразборных стояков с целью увеличения потерь напора в стояке или секционном узле в циркуляционном режиме не рекомендуется из-за ухудшения гидравлического режима, возникающего в стояке при водоразборе.

10. Максимальная величина потерь напора в стояке или секционном узле в 80000 Па определена исходя из реальной доли напора, создаваемого циркуляционными насосами систем горячего водоснабжения, установленными в ЦТП, которая может быть израсходована на эти цели.

11. Оптимальную величину потерь напора в стояке или секционном узле, необходимую для достижения устойчивой работы каждой рассматриваемой системы, как правило, следует определять на основании рассмотрения результатов расчета этой системы на ЭВМ.

12. Достаточным может быть признано распределение циркуляционных расходов в системе в пределах от 120% на стояках или секционных узлах, расположенных на головных участках системы, до 80% от расчетного циркуляционного расхода - на конечных.

13. Расчетный циркуляционный расход по стояку или секционному узлу следует определять исходя из теплопотерь стояком или секционным узлом, полученных в результате проведения теплотехнического расчета. Перепад температур на стояке или секционном узле рекомендуется принимать равным $10^{o}C$. Циркуляционный расход в системе рекомендуется принимать как сумму циркуляционных расходов по всем стоякам и секционным узлам.

I4. В общем случае стояк или секционный узел с точки зрения гидравлики представляет собой перемычку между подающей и циркуляционной магистралями, в которой при циркуляционном режиме будет справедливо равенство

$$H_{пер} = S_{пер} \cdot G^2_{пер},$$

где $H_{пер}$ - потери напора между точками врезки этой перемычки в подающую и циркуляционную магистрали; $G_{пер}$ - циркуляционный расход по перемычке; $S_{пер}$ - гидравлическое сопротивление перемычки.

I5. Гидравлическое сопротивление перемычки (стояка или секционного узла) надлежит определять по формуле

$$S_{пер} = S_{в.ст} + S_{ц.ст} + S_{м.с},$$

где $S_{в.ст}$ - гидравлическое сопротивление водоразборного стояка; $S_{ц.ст}$ - гидравлическое сопротивление циркуляционного стояка; $S_{м.с}$ - гидравлическое сопротивление местного сопротивления, установленного на циркуляционном стояке вблизи места врезки его в циркуляционную магистраль.

I6. При параллельном соединении n подающих водоразборных стояков в секционном узле суммарное гидравлическое сопротивление определяется из

$$\sqrt{\frac{I}{S_c}} = \sqrt{\frac{I}{S_1}} + \sqrt{\frac{I}{S_2}} + \sqrt{\frac{I}{S_3}} + \ldots + \sqrt{\frac{I}{S_n}},$$

где S_c - суммарное гидравлическое сопротивление подающих стояков секционного узла; S_1, S_2 - гидравлическое сопротивление отдельных подающих стояков, соединенных параллельно.

I7. При параллельном соединении нескольких одинаковых по диаметру и конфигурации подающих водоразборных стояков (имеющих равное гидравлическое сопротивление) суммарное гидравлическое сопротивление определится по формуле

$$S_c = \frac{S_{в.ст}}{n^2},$$

где n – число подающих водоразборных стояков, соединенных параллельно в одном секционном узле.

18. Суммарные потери напора перемычки, состоящей из нескольких параллельно соединенных подающих стояков одинакового диаметра и конфигурации, циркуляционного стояка и местного сопротивления определяют по формуле

$$H_{пер} = (S_{в.ст.} + n^2 S_{ц.ст} + n^2 S_{м.с}) G_ц^2 ,$$

где $G_ц$ – циркуляционный расход по одному подающему водоразборному стояку.

19. Гидравлическое сопротивление местного сопротивления, устанавливаемого на циркуляционном стояке вблизи места врезки его в циркуляционную магистраль, определяется

$$S_{м.с} = \frac{H_{пер}}{(n \cdot G_ц)^2} - \frac{S_{в.ст}}{n^2} - S_{ц.ст},$$

где $H_{пер}$ – оптимальные потери напора на перемычке, обеспечивающие достаточное распределение циркуляционных расходов, выбираются на основании данных расчета системы на ЭВМ.

20. Гидравлическое сопротивление местного сопротивления определяется на основании принятого перепада давлений на перемычке и по этому сопротивлению подбирается соответствующее техническое устройство, создающее требуемые потери напора в циркуляционном режиме.

21. Поступление воды в максимум водоразбора из подающей и циркуляционной магистралей зависит от соотношения гидравлических сопротивлений подающей части стояка и циркуляционной (гидравлическое сопротивление циркуляционной части стояка включает в себя гидравлическое сопротивление местного сопротивления).

Большее сопротивление стояка в циркуляционном режиме, полученное за счет введения местного сопротивления, приводит к уменьшению поступления воды из циркуляционной

магистрали и, следовательно, к повышению температуры воды, поступающей к водоразборному крану.

22. При определении оптимальных потерь напора в разветвленной системе расчет следует производить для наиболее протяженного и наиболее загруженного участка.

23. Все ответвления от расчетного участка в рассчитываемой схеме должны учитываться путем введения в точке ответвления эквивалентного сопротивления (суммарного гидравлического сопротивления). При определении суммарного гидравлического сопротивления ответвления должны учитываться как гидравлические сопротивления стояков или секционных узлов, так и гидравлические сопротивления соответствующих участков подающей и циркуляционной магистралей.

24. При невозможности проведения расчетов на ЭВМ положительный результат в распределении циркуляционных расходов в системе средней тепловой производительности может быть достигнут при доведении потерь напора в стояке или секционном узле до 40000-70000 Па в циркуляционном режиме. Однако такое решение может оказаться не лучшим с точки зрения экономики и достигнутого эффекта.

25. Расчет отверстия дроссельной диафрагмы, устанавливаемой на стояках, рекомендуется производить по зависимости

$$d_0 = 100 \sqrt[4]{\frac{G^2}{\Delta H}},$$

где G – расчетный расход воды по стояку или секционному узлу в циркуляционном режиме, т/ч; ΔH – напор, гасимый диафрагмой, Па.

26. Определение длины вставки из полдюймовой трубы надлежит определять по формуле

$$\ell = \frac{S_{м.с}}{S_{тр}},$$

где ℓ – длина участка полдюймовой трубы; м; $S_{тр}$ – гидравлическое сопротивление полдюймовой трубы длиной 1 м, принимается равным 0,01302 Па $ч^2/кг^2$.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО РЕЖИМА ЦЕПОЧЕЧНЫХ СЕТЕЙ

27. Схема расчетной ветви системы горячего водоснабжения является цепочечной и может быть представлена эквивалентной схемой, изображенной на рис.2.

28. В циркуляционном режиме схема может быть описана следующей (нелинейной относительно рассчитываемых потоков x_i) системой $(n+1)$ уравнений с $(n+1)$ неизвестными $(x_0, x_1, \ldots, x_n)$ уравнениями первого закона Кирхгофа $x_i = x_{i+1} + x_{i-2}$ $(i = 2,4,\ldots, 2K,\ldots, n-2, n)$; уравнениями второго закона Кирхгофа $x_i^2 \cdot S_i = x_{i-1}^2 \cdot S_{i-1} + x_{i-2}^2 \cdot S_{i-2}$ $(i = 3,5,\ldots, 2K-1,\ldots, n-3, n-1)$ $x_1^2 S_1 = x_0^2 S_0$; уравнением, связывающим потокораспределение в сети с заданной величиной подачи воды "у" $x_n = y$.

29. Алгоритм расчета циркуляционного режима цепочечных сетей использует следующее свойство системы:

$$x_1 = \ell_1(x_0);$$
$$x_2 = \ell_2(x_0, x_1) = \tau_2(x_0);$$
$$x_3 = \ell_3(x_1, x_2) = \tau_3(x_0);$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$x_n = \ell_n(x_{n-2}, x_{n-1}) = \tau_n(x_0),$$

где ℓ_i и τ_i – линейные функции своих аргументов. Более того, $x_n = a_i \cdot x_i$ $(i = \overline{0,n})$,
где a_i – некоторые числовые коэффициенты.

30. Приняв произвольное значение x_0^I потока через замыкающий участок, рассчитываются значения x_i^I потоков через остальные участки. Расчет производится рекурентно по формулам Кирхгофа.

31. После вычисления величины x_n^I искомые значения потоков, удовлетворяющие системе уравнений п.28, могут быть получены следующим образом:

$$x_i = \frac{y}{x_n^I} x_i^I \quad (i = \overline{0,n}).$$

32. Программа для ЭВМ "Наири-2", реализующая данный алгоритм расчета циркуляционного режима цепочечных сетей, описание программы и инструкция оператору приведены в прил.1,2,3.

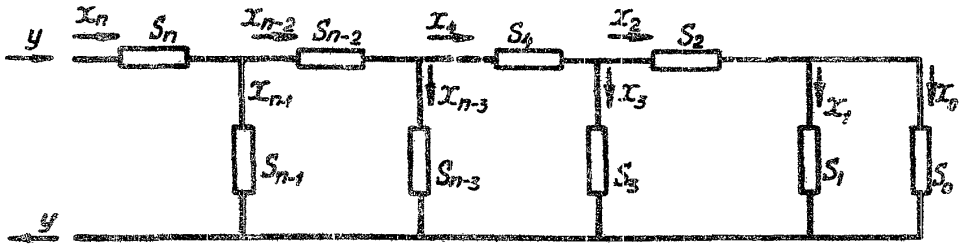


Рис.2. Схема цепочечной сети: y – подача воды в сеть; S_i – сопротивление i-го участка сети ($i=\overline{0,n}$); x_i – поток по i-му участку сети ($i=0,n$)

Программа расчета циркуляционного режима цепочечных сетей

i = 500 к S
I введем a
2 допустим n =0
3 вычислим a=a-I
4 вставим $n=n+I$
5 если a-0,5 >0 идти к 3
6 введем β
7 если β-0,5< 0 идти к 34
8 если β-I,5 < 0 идти к 27
9 если β-2,5 < 0 идти к 2I
I0 если β-3,5 < 0 идти к I4
II если β-4,5 < 0 идти к 38
I2 идти к I4
I4 допустим i =0
I5 введем S_0
I6 допустим i =I
I7 введем S_i
I8 вставим $i = i+2$
I9 если $i - n$<0 идти к I7
20 идти к 6
2I введем S_0 ℓ
22 допустим i =I
23 вычислим $S_i=\ell$
24 вставим $i = i+2$
25 если $i - n$<0 идти к 23
26 идти к 6
27 введем c
28 допустим i =0
29 вычислим c=c-I
30 вставим $i = i+I$
3I если c-0,5 >0 идти к 29

32 введем S_i
33 идти к 6
34 допустим $i=0$
35 введем S_i
36 вставим $i=i+1$
37 если $i-n<0$ идти к 35
38 введем y
39 допустим $x_0=y$ $j=2$
40 вычислим $x_j=x_0\sqrt{S_0}/S_1$
41 вычислим $x_2=x_0+x_1$
42 если $n-2=0$ идти к 50
43 допустим $k=3$ $i=2$ $j=1$
44 вычислим $x_k=\sqrt{(x_i^2 S_i + x_j^2 S_j)}/S_k$
45 вставим $j=j+3$
46 вычислим $x_j = x_i + x_k$
47 если $j-n=0$ идти к 50
48 вставим $j=j-1$ $i=i+2$ $k=k+2$
49 идти к 44
50 вычислим $\sigma = y/x_j$
51 вычислим $x_j=\sigma x_j$
52 вставим $j=j-1$
53 если $j<0$ идти к 55
54 идти к 51
55 допустим $i=n$
56 печатаем с 5 знаками x_i x_{i-1} x_0
57 введем t
58 если $t-1{,}5>0$ идти к 6
59 если $t-0{,}5>0$ идти к 65
60 печатаем с 5 знаками x_i
61 если $i=0$ идти к 6
62 вставим $i=i-1$
63 идти к 60
64 печатаем с 5 знаками S_i x_i
65 если $i=0$ идти к 6
66 вставим $i=i-1$
67 идти к 64

Приложение 2

Описание программы расчета циркуляционного режима цепочечных сетей

Программа составлена для ЭВМ "Наири-2" и написана на языке АП (языке автоматического программирования для ЭВМ "Наири-2"). Программа позволяет производить расчет цепочечных сетей, содержащих до 500 участков (250 колец). Блок-схема программы представлена на рисунке.

Программа состоит из трех блоков: блок ввода исходных данных (БВ); блок расчета (БР); блок печати результатов (БП).

Блок БВ осуществляет ввод параметров, характеризующих сеть (число участков n и их сопротивления - S_i), а также ввод величины подачи воды в сеть - y. Блок БВ содержит подблок "Режим ввода сопротивлений", позволяющий задавать или менять сопротивления участков различным образом, что создает удобства при работе с программой. В программе предусмотрено пять режимов ввода или коррекции исходных данных:

1) ввод всех сопротивлений участков;

2) изменение одного сопротивления;

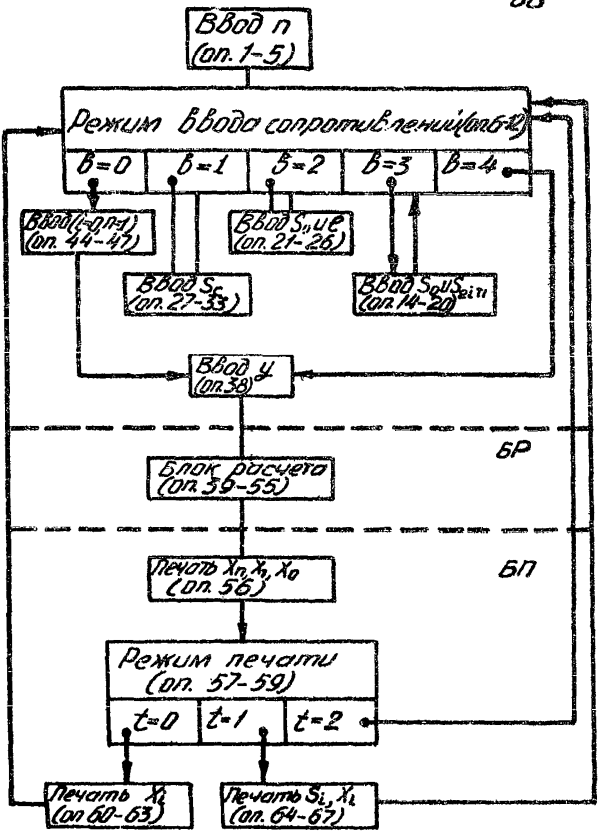
3) изменение величины сопротивления замыкающего участка и задание сопротивлений вертикальных участков (все одинаковые);

4) изменение сопротивлений замыкающего и всех вертикальных участков (все - разные);

5) переход к вводу величины y без коррекции сопротивлений.

В блоке БР производится расчет величин потоков. В качестве начального приближения для потока через замыкающий участок используется величина подачи воды в сеть. Счет производится в два прохода. На первом осуществляется расчет потоков исходя из выбранного начального приближения для x_0, на втором выполняется необходимый пересчет.

Блок БП распечатывает полученные значения x_n, x и x_0. Далее по указанию оператора программа либо возвращается к БВ без дальнейшей печати, либо печатает величины потоков, либо печатает величины сопротивлений и потоков. В конце программы всегда осуществляется возврат к БВ.



Блок-схема программы

Приложение 3

Инструкция оператору к программе расчета циркуляционного режима цепочечных сетей

I. Программа запускается обращением к оператору I, который вводит число участков.

2. Режим ввода сопротивлений формируется заданием с пульта величины в (ОП. 6):

β = 0 – вводятся все сопротивления в следующем порядке: $S_0, S_1, \ldots, S_{n-1}$; после ввода n значений сопротивлений программа автоматически переходит к запросу величины У (ОП.38);

β = I – вводится номер корректируемого сопротивления, затем его величина; после этого необходимо задать новое значение β;

β = 2 – вводится S_0 и ℓ, программа автоматически задает всем вертикальным участкам (кроме S_0) сопротивление, равное ℓ; после этого необходимо задать новое значение β;

β = 3 – вводятся величины сопротивлений вертикальных участков в следующей последовательности: $S_0, S_1, S_3, \ldots S_{n-1}$; после ввода $(n/2+1)$ значений программа автоматически запрашивает новое значение β;

β = 4 – программа переходит к запросу величины У.

3. Ввод величины У осуществляется оператором 38.

4. После выполнения расчетов программа печатает полученные значения x_n.

5. Режим печати формируется заданием с пульта величины (ОП.57):

t = 0 – производится печать x_l;

t = I – производится печать S_l, $\mathcal{R}_l$;

t = 2 – печать не выполняется;

Печать производится с точностью пяти десятичных знаков после запятой.

В конце программы осуществляется переход к формированию режима ввода сопротивлений (ОП.6). При необходимости изменить число участков сети необходимо с пульта прервать выполнение программы и обратиться к оператору I.

Приложение 4

Пример расчета системы

Рассмотрим условную систему горячего водоснабжения двух девятиэтажных зданий, имеющих по 12 подъездов, которая может рассматриваться или как система средней (наиболее распространенной) тепловой производительности, или как отдельная ветвь крупной системы горячего водоснабжения. Протяженность системы составляет 480 м.

Подающая магистраль имеет диаметры трубопроводов на участке 9-48 -150 мм, циркуляционная - 125мм; на участке 46-20 соответственно 100 и 80 мм; на участке 18-12 - 80 и 70 мм; на участке 10-4,70 и 50 мм; на участке 2-0,50 и 40 мм. Диаметры стояков горячего водоснабжения равны 32 мм. Циркуляционный расход в системе принят из расчета теплопотерь этажестояков 348 Вт и перепада температур на стояке 10^0С и составляет на каждый парнозакольцованный стояк - 540 кг/ч, а на систему в целом - 25920 кг/ч.

Схема сети является цепочечной (рис.1). Гидравлические сопротивления расчетных участков магистралей, определенные на основании удельных потерь давления, диаметров трубопровода и длины участка приведены в табл.1. Расчет системы в циркуляционном режиме производим для пяти вариантов. Во всех пяти вариантах гидравлическое сопротивление подающей части стояка (до точки врезки ответвления к водоразборному крану, расположенному дальше всех от подающей магистрали по ходу воды в стояке) принимается равным 0,014 Па·ч^2/кг^2. Переменным является гидравлическое сопротивление циркуляционной части стояка.

В первом варианте эта часть принимается равной действительному сопротивлению части стояка от циркуляционной магистрали до ближайшего водоразборного крана (до точки врезки в стояк квартирной разводки). Во всех других вариантах гидравлическое сопротивление этой части принималось как дополнительное к основному сопротивлению стояка, которое в сумме обеспечивало потери напора на стояке в 20000, 40000, 60000 и 80000 Па при прохождении по нему циркуляционного

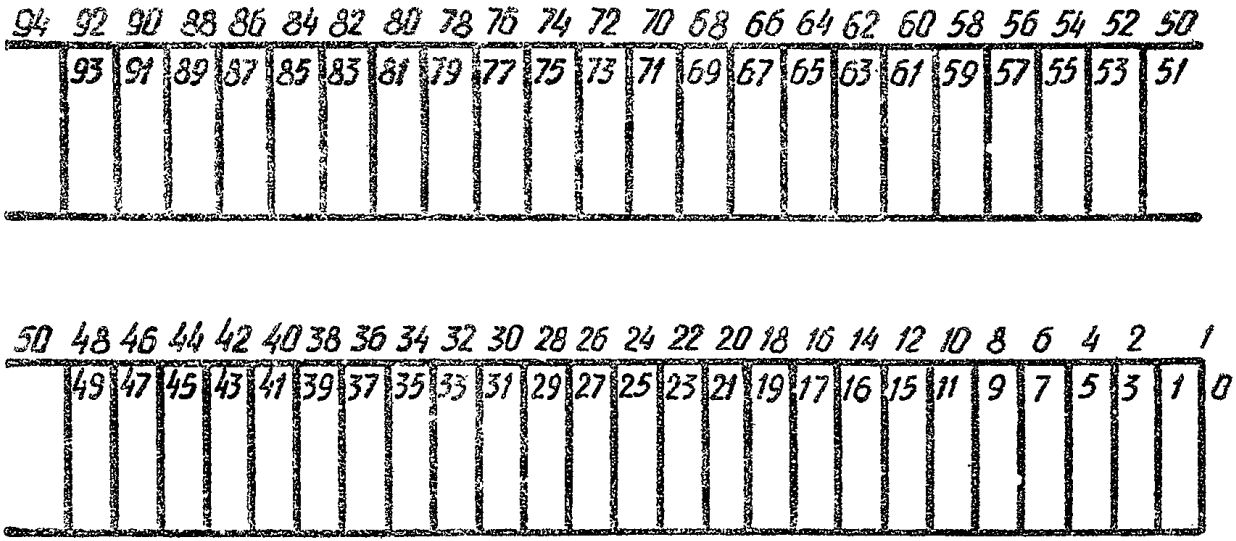


Рис.I. Расчетная схема системы

Таблица I

Гидравлическая характеристика расчетных участков системы

Номер участка	Подающая магистраль S Па $ч^2/кг^2$	Циркуляционная магистраль S Па $\cdot ч^2/кг^2$
I	2	3
94	0,000000579	0,00000I470
92	0,0000001022	0,0000002594
90	0,000000579	0,00000I470
88	0,0000001022	0,0000002594
86	0,000000579	0,00000I470
84	0,0000001022	0,0000002594
82	0,000000579	0,00000I470
80	0,0000001022	0,0000002594
78	0,000000579	0,00000I470
76	0,0000001022	0,0000002594
74	0,000000579	0,00000I470
72	0,0000001022	0,0000002594
70	0,000000579	0,00000I470
68	0,0000001022	0,0000002594
66	0,000000579	0,00000I470
64	0,0000001022	0,0000002594
62	0,000000579	0,00000I470
60	0,0000001022	0,0000002594
58	0,000000579	0,00000I470
56	0,0000001022	0,0000002594
54	0,000000579	0,00000I470
52	0,0000001022	0,0000002594
50	0,000000579	0,00000I470
48	0,0000001022	0,0000002594
46	0,00000464I	0,0000I909

Продолжение табл. I

I	2	3
44	0,0000008I9	0,000003369
42	0,00000464I	0,0000I909
40	0,0000008I9	0,000003369
38	0,00000464I	0,0000I909
36	0,0000008I9	0,000003369
34	0,00000464I	0,0000I909
32	0,0000008I9	0,000003369
30	0,00000464I	0,0000I909
28	0,0000008I9	0,000003369
26	0,00000464I	0,0000I909
24	0,0000008I9	0,000003369
22	0,00000464I	0,0000I909
20	0,0000008I9	0,000003369
I8	0,0000I909	0,00005437
I6	0,000003369	0,000009594
I4	0,0000I909	0,00005437
I2	0,000003369	0,000009594
I0	0,00005437	0,0002I88
8	0,000009594	0,0000386I
6	0,00005437	0,0002I88
4	0,000009594	0,0000386I
2	0,0002I88	0,0008228
0	0,0000386I	0,000I452

расхода, равного расчетному. Таким образом, дополнительные сопротивления принимались равными: в первом варианте- 0,0005895 Па·ч^2/кг^2; во втором арианте - 0,05459 Па·ч^2/кг^2; в третьем варианте - 0,1232 Па·ч^2/кг^2; в четвертом варианте- 0,1918 Па·ч^2/кг^2; в пятом варианте - 0,2603 Па·ч^2/кг^2.

Результаты расчета гидравлических режимов в системе по абсолютному значению расходов представлены в табл.2 и в процентном отношении на рис.2.

Анализ полученных результатов показывает, что в принятой системе, без принятия мер по увеличению сопротивления стоков, циркуляционный расход распределился бы в пределах от 179% в первом стояке до 24% от расчетного в последнем. Увеличение потерь напора в стояке в циркуляционном режиме до 20000 Па приводит к уменьшению разброса циркуляционных расходов со 130% от расчетного в первом стояке до 63% в последнем. Доведение потерь напора в стояке до 40000 Па приводит к выравниванию расходов по стоякам, и они распределяются в пределах от 118 до 77%; до 60000 Па - от 113 до 84% и до 80000 Па - от 110 до 87%.

В соответствии с п.12 настоящих рекомендаций считаем, что достаточно хорошее распределение циркуляционных расходов достигается при доведении потерь напора в стояке до 60000 Па. Гидравлическое сопротивление, по которому должно в этом случае подбираться местное сопротивление, определится

$$S_{м.с} = 0,1918 - 0,0005895 = 0,1912 \text{ Па·ч}^2/\text{кг}^2.$$

Потери напора в местном сопротивлении составят

$$H = 0,1912 \cdot 540^2 = 55754 \text{ Па}.$$

Диаметр дроссельной диафрагмы будет

$$d_0 = 100\sqrt{\frac{0,54^2}{55754}} = 4,7 \text{ мм}.$$

Для обеспечения принятого распределения циркуляционных расходов в каждом стояке, недалеко от места врезки его в циркуляционную магистраль, лучше в стояке отключающего стояк крана, должна быть установлена дроссельная диафрагма с внутренним диаметром 4,7 мм. При наличии в системе воды, склонной к накипеобразованию, вместо дроссельных диафрагм на стояках следует установить краны АКХ с таким же диаметром отверстия.

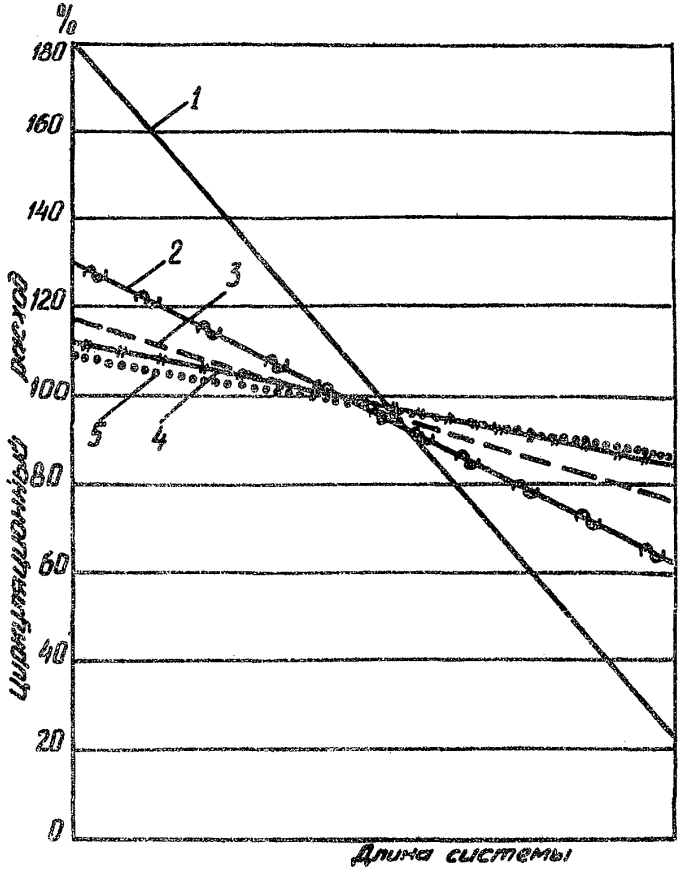


Рис.2.Распределение циркуляционных расходов в системе:

I – $H_{ст}$ = 4080 Па; 2 – $H_{ст}$ = 20000 Па; 3 – $H_{ст}$ = 40000 Па;
4 – $H_{ст}$ = 60000 Па; 5 – $H_{ст}$ = 80000 Па

Таблица 2

Результаты расчета циркуляционных режимов в системе на ЭВМ "Наири-2"

Номер участка	Расход, $м^3/ч$				
	Вариант I	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
I	2	3	4	5	6
94	25,920	25,920	25,920	25,920	25,920
93	0,966	0, 703	0,636	0,608	0,593
92	24,954	25,2I7	25,284	25,3II	25,327
9I	0,958	0,700	0,634	0,607	0,593
90	23,995	24,5I7	24,650	24,704	24,734
89	0,9I5	0,687	0,627	0,602	0,589
88	23,080	23,830	24,022	24,I02	24,I45
87	0,908	0,685	C,626	0,602	0,588
86	22,I72	23,I45	23,396	23,500	23,557
85	0,869	0,673	0,6I9	0,597	0,584
84	2I,303	22,47I	22,777	22,903	22,973
83	0,863	0,67I	0,6I8	0,596	0,584
82	20,44I	2I,800	22,I58	22,I58	22,389
8I	0,828	0,66I	0,6I2	0,592	0,58I
80	I9,6I3	2[illegible],I39	2I,546	2I,7I5	2I,808

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
79	0,822	0,659	0,6II	0,59I	0,580
78	I8,79I	20,480	20,934	2I,I23	2I,228
77	0,79I	0,649	0,606	0,588	0,577
76	I7,99I	I9,83I	20,328	20,535	20,65I
75	0, 786	0,647	0,605	0,587	0,577
74	I7,2I3	I9,I83	I9,723	I9,948	20,074
73	0,759	0,639	0,600	0,584	0,574
72	I6,454	I8,544	I9,I22	I9,365	I9,500
7I	0,755	0,638	0,599	0,583	0,574
70	I5,699	I7,906	I8,523	I8,782	I8,926
69	0,732	0,630	0,595	0,580	0,57I
68	I4,967	I7,276	I7,928	I8,202	I8,355
67	0,728	0,629	0,595	0,580	0,57I
66	I4,239	I6,647	I7,333	I7,622	I7,784
65	0,708	0,622	0,59I	0,577	0,569
64	I3,53I	I6,025	I6,742	I7,046	I7,2I5
63	0,705	0,62I	0,590	0,576	0,569
62	I2,827	I5,403	I6,I52	I6,469	I6,646
6I	0,688	0,6I5	0,587	0,574	0,567

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
60	I2,I38	I4,788	I5,565	I5,895	I6,079
59	0,685	0,6I5	0,586	0,574	0,566
58	II,453	I4,I73	I4,979	I5,32I	I5,5I3
57	0,672	0.6I0	0,583	0,572	0,565
56	I0,78I	I3,563	I4,395	I4,750	I4,948
55	0,670	0,6I	0,583	0,57I	0,565
54	I0,III	I2,955	I3,8I2	I4,I78	I4,383
53	0,659	0,605	0,580	0,570	0,563
52	9,452	I2,350	I3,232	I3,609	I3,820
5I	0,657	0,604	0,580	0,569	0,563
50	8,795	II,746	I2,652	I3,040	I3,257
49	0,649	0,60I	0,578	0,568	0,562
48	8,I46	II,I45	I2,073	I2,472	I2,695
47	0,648	0,600	0,578	0,568	0,562
46	7,498	I0,545	II,496	II,904	I2,I33
45	0,573	0,567	0,558	0,553	0,550
44	6,925	9,977	I0,938	II,35I	II,583
43	0,56I	0,562	0,554	0,55I	0,548
42	6,364	9,4I5	I0,383	I0,80I	II,035
4I	0,499	0,534	0,537	0,538	0,539

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
40	5,865	8,88I	9,846	I0,262	I0,496
39	0,489	0,530	0,535	0,536	0,537
38	5,375	8,352	9,3II	9,726	9,959
37	0,439	0,506	0,52I	0,526	0,529
36	4,936	7,845	8,79I	9,200	9,429
35	0,43I	0,503	0,5I8	0,525	0,528
34	4,505	7,342	8,272	8,675	8,902
33	0,39I	0,484	0,507	0,5I6	0,52I
32	4,II5	6,859	7,766	8,I59	8,380
3I	0,385	0,48I	0,505	0,5I5	0,520
30	3,730	6,378	7,26I	7,644	7,860
29	0,354	0,466	0,496	0,508	0,5I5
28	3,376	5,9II	6,765	7,I36	7,345
27	0,349	0,464	0,495	0,507	0,5I4
26	3,026	5,448	6,270	6,628	6,830
25	0,328	0,453	0,488	0,502	0,5II
24	2,699	4,995	5,783	6,I26	6,320
23	0,324	0,45I	0,487	0,502	0,5I0
22	2,374	4,544	5,296	5,625	5,8I0
2I	0,3I6	0,446	0,484	0,499	0,508

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
20	2,0 58	4,097	4,8I2	5,I25	5,30I
I9	0,269	0,420	0,467	0,487	0,499
I8	I,789	3,678	4,345	4,638	4,803
I7	0,238	0,402	0,456	0,479	0,492
I6	I,55I	3,275	3,889	4,I58	4,3I0
I5	0,233	0,400	0,454	0,478	0,492
I4	I,3I8	2,876	3,435	3,680	3,8I9
I3	0,2I4	0,388	0,447	0,473	0,488
I2	I,I04	2,487	2,988	3,207	3,33I
II	0,2II	0,387	0,447	0,472	0,487
I0	0,893	2,I00	2,54I	2,735	2,844
9	0.I72	0,363	0,432	0,462	0,479
8	0,72I	I,737	2,I09	2,273	2,365
7	0,I67	0,36I	0,480	0,46I	0,478
6	0,554	I,376	I,679	I,8I2	I,887
5	0,I49	0,350	0,423	0,456	0,474
4	0,405	I,025	I,256	I,357	I,4I4
3	0,I47	0,349	0,423	0,455	0,474
2	0,258	0,677	0,833	0,90I	0,940
I	0,I30	0,339	0,4I7	0,45I	0,470
0	0,I29	0,338	0,4I6	0,45I	0,470

Редактор Л.В.Макеева
Технический редактор В.Д.Полякова
Корректоры М.И.Водорезова, Е.В.Меленевская

Л - 119724 от 26/X-77г. Уч.-изд.л.1,8 Печ.л.2,0

Тираж 1000 Цена 9 коп. Заказ 244

Отпечатано на ротапринте ордена Трудового Красного Знамени
[illegible] коммунального хозяйства им.К.Д.Памфилова

gost.e-ecolog.ru