

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

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМ
ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ЦТП**

Москва 1977

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

Утверждены
приказом министра жилищно-
коммунального хозяйства РСФСР
№ 260 от 14 июня 1977 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМ
ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ЦТП

Служба научно-технической информации АКХ
Москва 1977

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 ЭЦМ 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.Дворниковым 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.

Применение квартальных систем горячего водоснабжения о 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 погрешность 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 расходующихся 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 неудовлетворительный 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 выравнивания 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

1. 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 ЦТ, объединяющие несколько различных видов схемных решений стояков систем горячего водоснабжения. Наиболее распространенными являются схемы, приведенные на рис.1.

2. Несмотря на разнообразие схем, стояк или секционный узел, с точки зрения гидравлики, представляет собой переемычку между подающей и циркуляционной магистралями. Циркуляция по стояку (переемычке) 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-

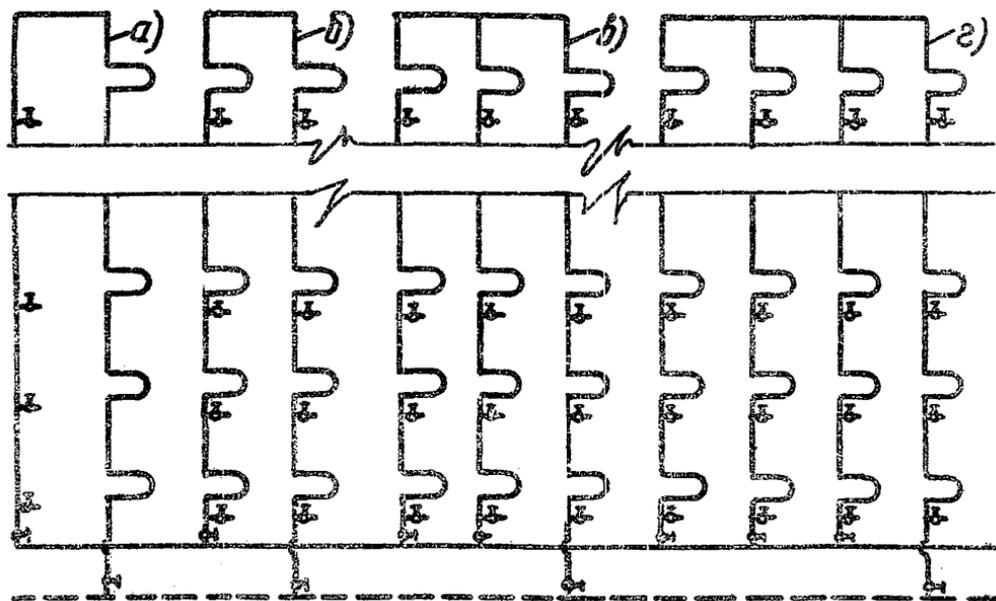


Рис. I. Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения:

а - система с циркуляционными стояками; б - то же, с парнозакольцованными стояками; в - то же, с тремя закольцованными стояками, один из которых подделчен к циркуляционной линии; все с водоразбором; г - то же, с четырьмя закольцованными стояками, один из которых подделчен к циркуляционной линии; все с водоразбором

личине изменения циркуляционного расхода по стоякам. Так, в принятой системе циркуляционный расход распределен в пределах от 17% 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 потерь 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 повышенное сопротивление стояков оказывает положительное влияние на гидравлический режим, способствуя равномерному распределению циркуляционного расхода по стоякам, в которых водоразбор отсутствует, и увеличивая доли воды, поступающей на водоразбор из подающей магистрали.

5. Гидравлическая и тепловая устойчивость систем горячего водоснабжения от ЦТН может быть повышена при допеделинии 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 функции водоразборного; край повышенного сопротивления АИХ; вставку полдймовой 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 накипобразованию, предпочтительнее вместо дроссельных диафрагм

применять краны АКС. 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 или 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 ЦГТ, 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°C. Циркуляционный расход в системе рекомендуется принимать как сумму циркуляционных расходов по всем стоякам и секционным узлам.

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

$$H_{\text{пер}} = S_{\text{пер}} \cdot G_{\text{пер}}^2$$

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

15. Гидравлическое сопротивление переключки (стояка или секционного узла) надлежит определять по формуле

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

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

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

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

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

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

$$S_c = \frac{S_{\text{н.ст.}}}{n^2},$$

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

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

где $G_{\text{ц}}$ — циркуляционный расход по одному подающему водоразборному стояку.

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

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

где $H_{\text{пер}}$ — 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 магистрали 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

магистрала 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 рассматриваемой 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 поддьюмовой трубы надлежит определять по формуле

$$l = \frac{S_{м.с}}{S_{тр}}$$

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

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_l) системой $(n+1)$ уравнений с $(n+1)$ неизвестными (x_0, x_1, \dots, x_n) уравнениями первого закона Кирхгофа $x_l = x_{l+1} + x_{l-2}$ ($l = 2, 4, \dots, 2k, \dots, n-2, n$); уравнениями второго закона Кирхгофа $x_l^2 \cdot S_l = x_{l-1}^2 \cdot S_{l-1} + x_{l-2}^2 \cdot S_{l-2}$ ($l = 3, 5, \dots, 2k-1, \dots, n-3, n-1$) $x_1^2 S_1 = x_0^2 S_0$; уравнением, связывающим потокораспределение в сети с заданной величиной подачи воды "у" $x_n = y$.

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

$$\begin{aligned} x_1 &= L_1(x_0); \\ x_2 &= L_2(x_0, x_1) = L_2(x_0); \\ x_3 &= L_3(x_1, x_2) = L_3(x_0); \\ &\dots \\ &\dots \\ x_n &= L_n(x_{n-2}, x_{n-1}) = L_n(x_0), \end{aligned}$$

где L_i и T_i - линейные функции своих аргументов. Более того, $x_n = \alpha_l \cdot x_l$ ($l = \overline{0, n}$), где α_l - некоторые числовые коэффициенты.

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

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

$$x_l = \frac{y}{x_n^I} \cdot x_l^I \quad (l = \overline{0, n}).$$

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

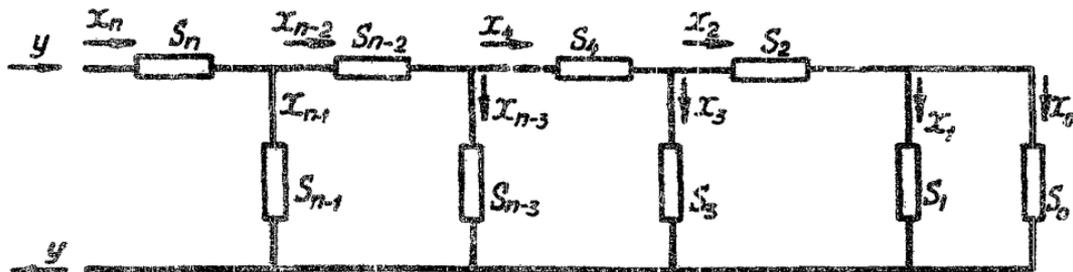


Рис.2. Схема цепочечной сети: y - подача воды в сеть; S_i - сопротивления i -го участка сети ($i=0, n$); x_i - поток по i -му участку сети ($i=0, n$)

П р и л о ж е н и е I

Программа расчета циркуляционного режима цепочечных сетей

$i = 500 \times S$
 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 $\beta - 0,5 < 0$ идти к 34
 8 если $\beta - 1,5 < 0$ идти к 27
 9 если $\beta - 2,5 < 0$ идти к 21
 10 если $\beta - 3,5 < 0$ идти к 14
 11 если $\beta - 4,5 < 0$ идти к 38
 12 идти к 14
 14 допустим $i = 0$
 15 введем S_0
 16 допустим $i = I$
 17 введем S_i
 18 вставим $i = i + 2$
 19 если $i - n < 0$ идти к 17
 20 идти к 6
 21 введем $S_0 \ell$
 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 $i = i + I$
 31 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 $x_0 = y \quad j=2$
 40 вычислим $x_1 = x_0 \sqrt{3_0} / S_1$
 41 вычислим $x_2 = x_0 + x_1$
 42 если $n-2=0$ идти к 50
 43 допустим $k=3 \quad l=2 \quad j=1$
 44 вычислим $x_k = \sqrt{(x_l^2 S_l + x_j^2 S_j) / S_k}$
 45 вставим $j = j+3$
 46 вычислим $x_j \quad i = x_l + x_k$
 47 если $j-n=0$ идти к 50
 48 вставим $j = j-1 \quad l = l+2 \quad k = k+2$
 49 идти к 44
 50 вычислим $b = y/x_j$
 51 вычислим $x_j = b x_j$
 52 вставим $j = j-1$
 53 если $j < 0$ идти к 55
 54 идти к 51
 55 допустим $l = n$
 56 печатаем с 5 знаками $x_l \quad x_{l-1} \quad x_0$
 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_l
 61 если $i=0$ идти к 6
 62 вставим $i = i-1$
 63 идти к 60
 64 печатаем с 5 знаками $S_l \quad x_l$
 65 если $l=0$ идти к 6
 66 вставим $l = l-1$
 67 идти к 64

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.

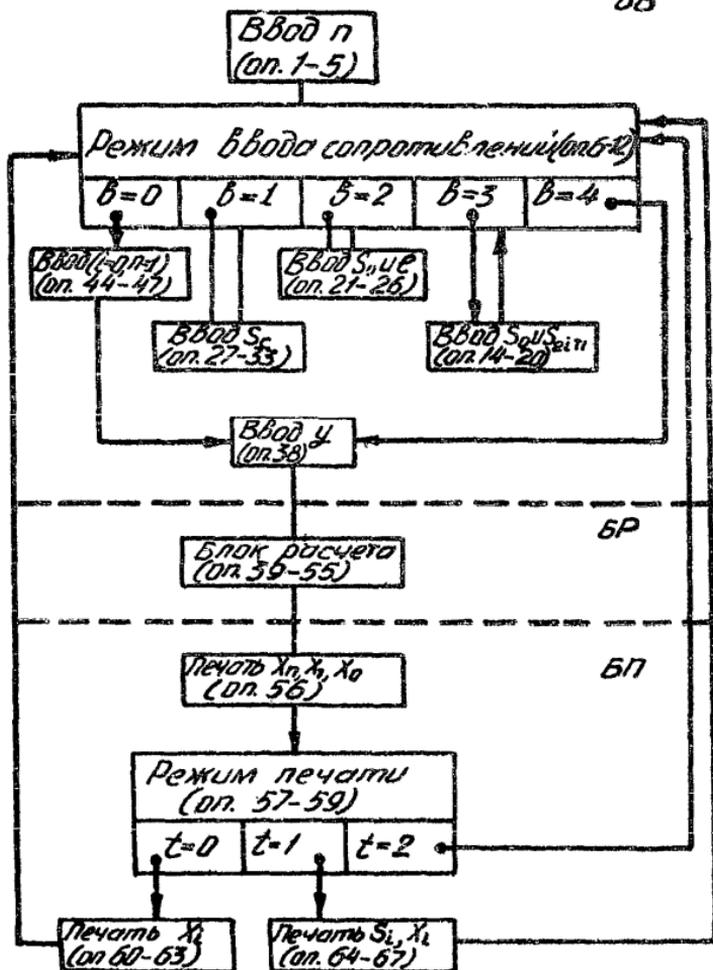
Программа состоит из трех блоков: блок ввода исходных данных (БВ); блок расчета (БР); блок печати результатов (БП).

Блок БВ осуществляет ввод параметров, характеризующих сеть (число участков n и их сопротивления - S_c), а также ввод величины подачи воды в сеть - u . 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 u 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. Расчет 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

П р и л о ж е н и е 3

Инструкция оператору к программе расчета циркуляционного режима цепочечных сетей

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

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

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

$\beta = 1$ - вводится номер корректируемого сопротивления, затем его величина; после этого необходимо задать новое значение β ;

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

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

$\beta = 4$ - программа переходит к запросу величины U .

3. Ввод величины U осуществляется оператором ЗВ.

4. После выполнения расчетов программа печатает полученные значения x_n .

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

$\xi = 0$ - производится печать x_L ;

$\xi = 1$ - производится печать S_L, x_L ;

$\xi = 2$ - 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 94-48 - 150 мм, циркуляционная - 125 мм; 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°C и составляет на каждый пернозакольцованный стояк - 540 кг/ч, а на систему в целом - 2,920 кг/ч.

Схема сети является цепочечной (рис. I). Гидравлические сопротивления расчетных участков магистралей, определенные на основании удельных потерь давления, диаметров трубопровода и длины участка приведены в табл. I. 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 $0,014 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2 / \text{кг}^2$. 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

	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50
	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	55	53	51	

	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	1
	49	47	45	43	41	39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	16	15	11	9	7	5	3	1	0

Рис. I. Расчетная схема системы

Т а б л и ц а I

Гидравлическая характеристика расчетных участков
системы

Номер участка	Подающая магистраль $S_{Па \cdot ч^2/кг^2}$	Циркуляционная магистраль $S_{Па \cdot ч^2/кг^2}$
1	2	3
94	0,000000579	0,000001470
92	0,0000001022	0,0000002594
90	0,000000579	0,000001470
88	0,0000001022	0,0000002594
86	0,000000579	0,000001470
84	0,0000001022	0,0000002594
82	0,000000579	0,000001470
80	0,0000001022	0,0000002594
78	0,000000579	0,000001470
76	0,0000001022	0,0000002594
74	0,000000579	0,000001470
72	0,0000001022	0,0000002594
70	0,000000579	0,000001470
68	0,0000001022	0,0000002594
66	0,000000579	0,000001470
64	0,0000001022	0,0000002594
62	0,000000579	0,000001470
60	0,0000001022	0,0000002594
58	0,000000579	0,000001470
56	0,0000001022	0,0000002594
54	0,000000579	0,000001470
52	0,0000001022	0,0000002594
50	0,000000579	0,000001470
48	0,0000001022	0,0000002594
46	0,000004641	0,00001909

Продолжение табл. I

1	2	3
44	0,000000819	0,000003369
42	0,000004641	0,00001909
40	0,000000819	0,000003369
38	0,000004641	0,00001909
36	0,000000819	0,000003369
34	0,000004641	0,00001909
32	0,000000819	0,000003369
30	0,000004641	0,00001909
28	0,000000819	0,000003369
26	0,000004641	0,00001909
24	0,000000819	0,000003369
22	0,000004641	0,00001909
20	0,000000819	0,000003369
18	0,00001909	0,00005437
16	0,000003369	0,000009594
14	0,00001909	0,00005437
12	0,000003369	0,000009594
10	0,00005437	0,0002188
8	0,000009594	0,00003861
6	0,00005437	0,0002188
4	0,000009594	0,00003861
2	0,0002188	0,0008228
0	0,00003861	0,0001452

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

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 17% 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

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

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 стоне отключающего стояка 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.

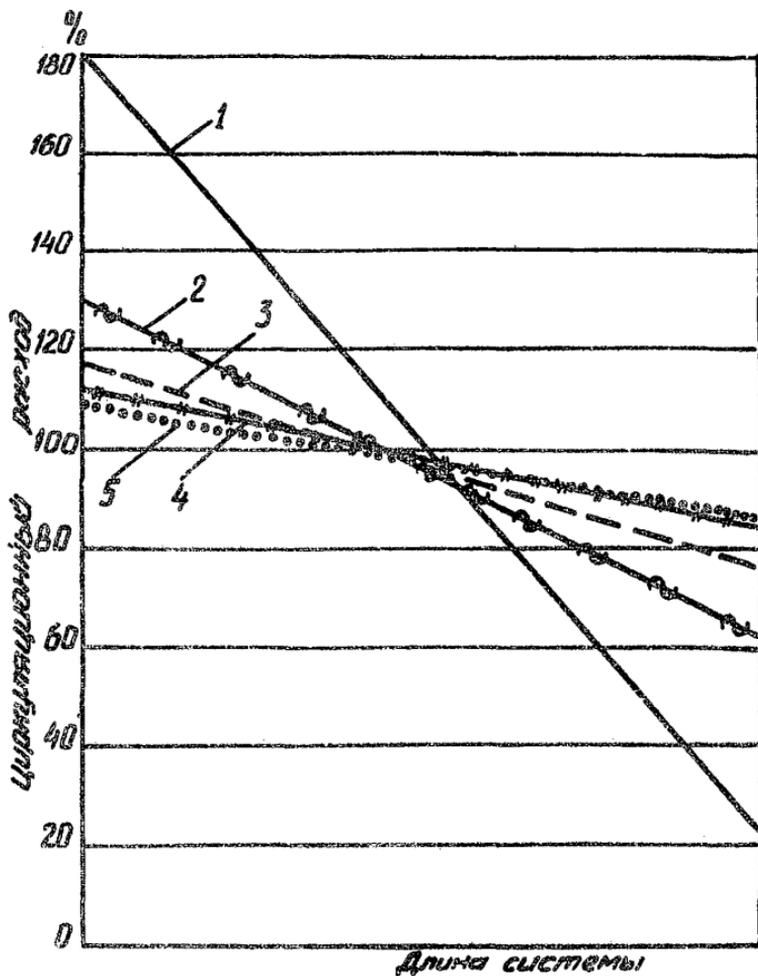


Рис.2. Распределение циркуляционных расходов в системе:

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

Результаты расчета циркуляционных режимов в системе на ЭВМ "Наирн-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	25,217	25,284	25,311	25,327
91	0,958	0,700	0,634	0,607	0,593
90	23,995	24,517	24,650	24,704	24,734
89	0,915	0,687	0,627	0,602	0,589
88	23,080	23,830	24,022	24,102	24,145
87	0,908	0,685	0,626	0,602	0,588
86	22,172	23,145	23,396	23,500	23,557
85	0,869	0,673	0,619	0,597	0,584
84	21,303	22,471	22,777	22,903	22,973
83	0,863	0,671	0,618	0,596	0,584
82	20,441	21,800	22,158	22,158	22,389
81	0,828	0,661	0,612	0,592	0,581
80	19,613	21,139	21,546	21,715	21,808

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
79	0,822	0,659	0,611	0,591	0,580
78	18,791	20,480	20,934	21,123	21,228
77	0,791	0,649	0,606	0,588	0,577
76	17,991	19,831	20,328	20,535	20,651
75	0,786	0,647	0,605	0,587	0,577
74	17,213	19,183	19,723	19,948	20,074
73	0,759	0,639	0,600	0,584	0,574
72	16,454	18,544	19,122	19,365	19,500
71	0,755	0,638	0,599	0,583	0,574
70	15,699	17,906	18,523	18,782	18,926
69	0,732	0,630	0,595	0,580	0,571
68	14,967	17,276	17,928	18,202	18,355
67	0,728	0,629	0,595	0,580	0,571
66	14,239	16,647	17,333	17,622	17,784
65	0,708	0,622	0,591	0,577	0,569
64	13,531	16,025	16,742	17,046	17,215
63	0,705	0,621	0,590	0,576	0,569
62	12,827	15,403	16,152	16,469	16,646
61	0,688	0,615	0,587	0,574	0,567

I	2	3	4	5	6
60	12,138	14,788	15,565	15,895	16,079
59	0,685	0,615	0,586	0,574	0,566
58	11,453	14,173	14,979	15,321	15,513
57	0,672	0,610	0,583	0,572	0,565
56	10,781	13,563	14,395	14,750	14,948
55	0,670	0,61	0,583	0,571	0,565
54	10,111	12,955	13,812	14,178	14,383
53	0,659	0,605	0,580	0,570	0,563
52	9,452	12,350	13,232	13,609	13,820
51	0,657	0,604	0,580	0,569	0,563
50	8,795	11,746	12,652	13,040	13,257
49	0,649	0,601	0,578	0,568	0,562
48	8,146	11,145	12,073	12,472	12,695
47	0,648	0,600	0,578	0,568	0,562
46	7,498	10,545	11,496	11,904	12,133
45	0,573	0,567	0,558	0,553	0,550
44	6,925	9,977	10,938	11,351	11,583
43	0,561	0,562	0,554	0,551	0,548
42	6,364	9,415	10,383	10,801	11,035
41	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	10,262	10,496
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, I>9	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	5,62>	5,8I0
2I	0,3I6	0,446	0,484	0,499	0,508

I	2	3	4	5	6
20	2,0 58	4,097	4,812	5,125	5,301
19	0,269	0,420	0,467	0,487	0,499
18	1,789	3,678	4,345	4,638	4,803
17	0,238	0,402	0,456	0,479	0,492
16	1,551	3,275	3,889	4,158	4,310
15	0,233	0,400	0,454	0,478	0,492
14	1,318	2,876	3,435	3,680	3,819
13	0,214	0,388	0,447	0,473	0,488
12	1,104	2,487	2,988	3,207	3,331
11	0,211	0,387	0,447	0,472	0,487
10	0,893	2,100	2,541	2,735	2,844
9	0,172	0,363	0,432	0,462	0,479
8	0,721	1,737	2,109	2,273	2,365
7	0,167	0,361	0,430	0,461	0,478
6	0,554	1,376	1,679	1,812	1,887
5	0,149	0,350	0,423	0,456	0,474
4	0,405	1,026	1,256	1,357	1,414
3	0,147	0,349	0,423	0,455	0,474
2	0,258	0,677	0,833	0,901	0,940
1	0,130	0,339	0,417	0,451	0,470
0	0,129	0,338	0,416	0,451	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 рогаиринте ордена Трудового Красного Знамени
Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова