

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра теплоэнергетики**

## **АТЛАС**

приложение к лекционному курсу по дисциплине  
**Б3.В7 "Современные системы теплоснабжения"**  
для студентов направления подготовки 270800 «Строительство»  
профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция»

КАЗАНЬ  
2013

Составители: Ахмерова Г. М., Ланцов А.Е.

УДК 697.34

ББК 38.76

А 95 **Атлас** - приложение к лекционному курсу по дисциплине БЗ.В7 "Современные системы теплоснабжения" для студентов направления подготовки 270800 «Строительство» профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» /Сост.: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов, Казань: КГАСУ, 2013. – 19 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В приложении к лекционному курсу даны рисунки и схемы по лекциям курса " Современные системы теплоснабжения".

Рис. 31.

Рецензент: профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, к.т.н. **Давыдов А.П.**

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2013  
© Ахмерова Г.М., Ланцов А.Е., 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Классификация систем теплоснабжения</b>	4
Закрытые и открытые системы теплоснабжения, схемы присоединения местных систем отопления	
<b>2. Конструктивные элементы тепловой сети</b>	5
Подземная камера тепловой сети, неподвижные опоры, подвижные опоры, предельно допустимые расстояния между подвижными опорами	
<b>3. Построение монтажной схемы</b>	7
Требования к масштабам изображений на чертежах	
<b>4. Выбор схем присоединения систем отопления зданий при сложном рельефе местности</b>	8
<b>5. Разработка пьезометрического графика при сложном рельефе местности и протяжённых тепловых сетях</b>	10
Пьезометрический график для тепловой сети большой протяжённости, профиль местности ровный; пьезометрический график тепловой сети при понижающемся от источника тепла рельефе местности и насосной подстанцией на обратном трубопроводе; насосные подстанции на подающем трубопроводе; установка насосных подстанций на подающем и обратном трубопроводах при большой протяжённости тепловой сети; смесительные подстанции; дросселирующие подстанции, пьезометрический график тепловой сети при ступенчатом рельефе местности	
<b>6. Продольный профиль тепловых сетей</b>	13
Пример выполнения профиля сетей для подземной прокладки в непроходных каналах; размеры теплофикационных камер высотой 2,1 м и 2,4 м	
<b>7. Режимы регулирования централизованного теплоснабжения</b>	14
Регулирование систем теплоснабжения; центральное качественное регулирование тепловых сетей по отопительной нагрузке, отопительный график; центральное регулирование разнородной нагрузки систем теплоснабжения, отопительно-бытовой график; графики регулирования отпуска теплоты на горячее водоснабжение при различных схемах присоединения водоводяных подогревателей (параллельной, 2-х ступенчатой смешанной и 2-х ступенчатой последовательной); регулирование открытых систем теплоснабжения	

# 1. Классификация систем теплоснабжения

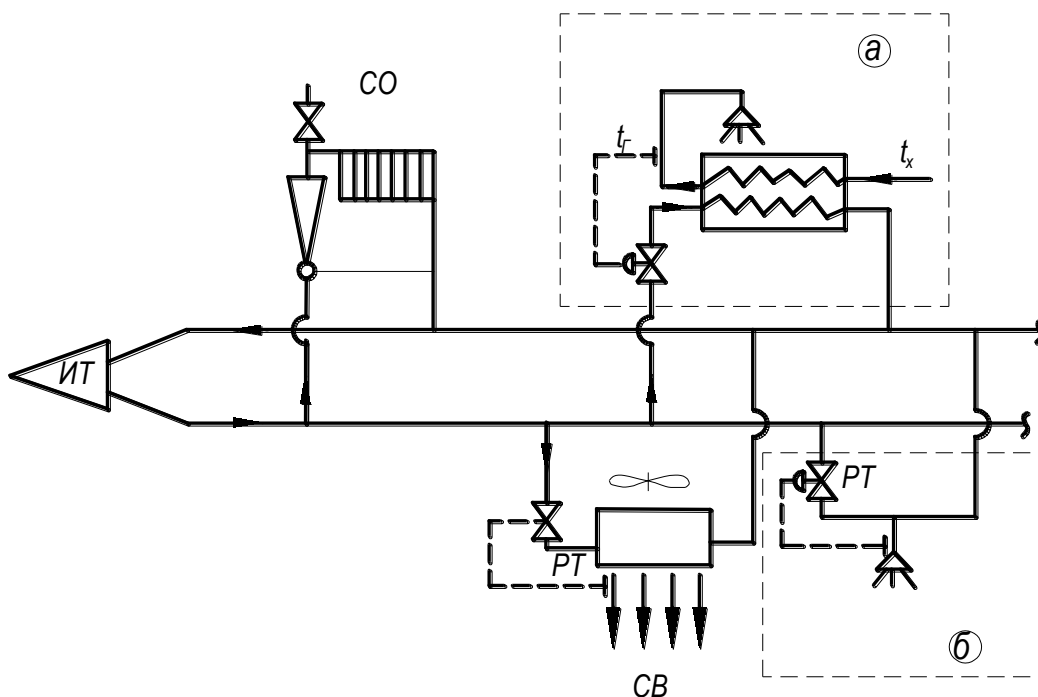


Рис. 1. Системы теплоснабжения: а) закрытая; б) открытая

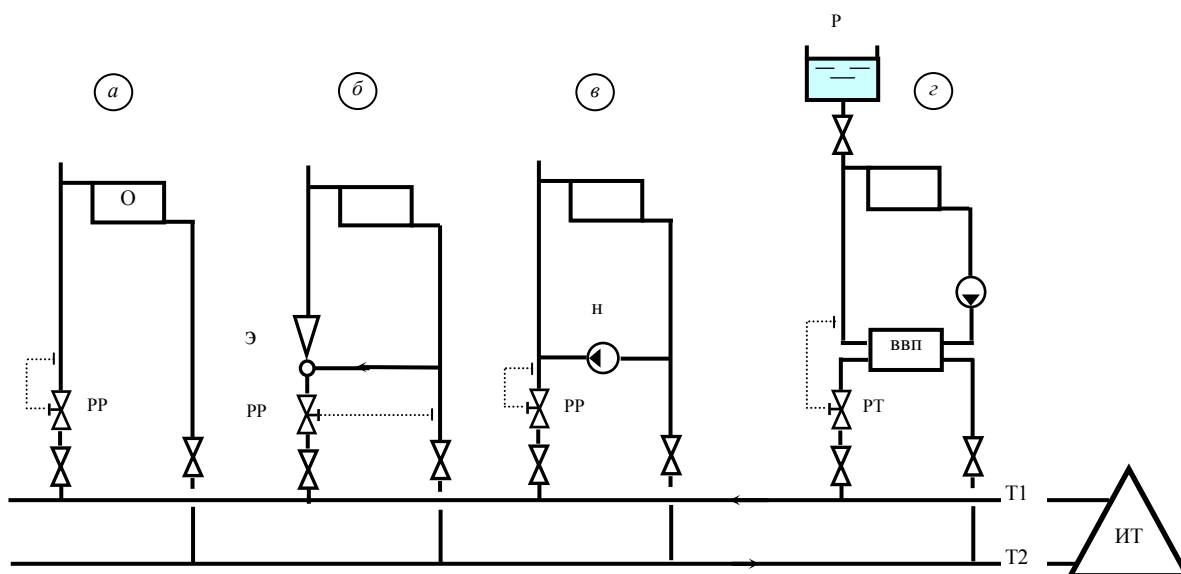


Рис. 2. Схемы присоединения местных систем отопления к тепловым сетям:

а-в – **зависимые** (а – без смешения; б – с элеваторным смешением; в – с насосным смешением); г – **независимая**; О – отопительный прибор; Э – элеватор; Н – насос; Р – расширительный бак; ИТ – источник теплоты; РР – регулятор расхода; РТ – регулятор температуры; ВВП – водо-водяной подогреватель; T1, T2 – подающий и обратный трубопроводы

## 2. Конструктивные элементы тепловой сети

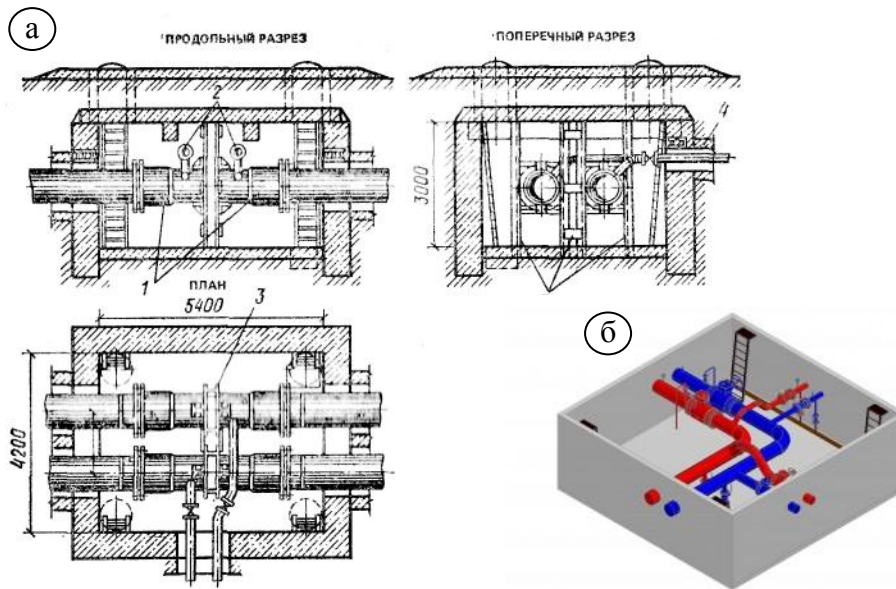


Рис. 3. Подземная камера тепловой сети:

а – камера тепловой сети с одним ответвлением; б – то же с двумя ответвлениями; 1 – сальниковые компенсаторы, 2 - манометры, 3 – неподвижная опора, 4 - канал

**Неподвижные опоры** предназначены для закрепления трубопровода в отдельных точках, разделяя его на независимые по температурным деформациям участки.

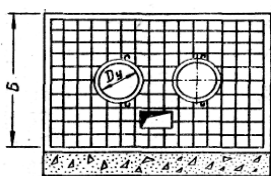


Рис. 4. Щитовая неподвижная опора

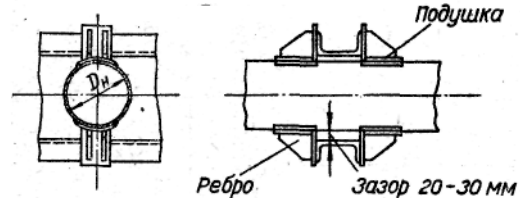
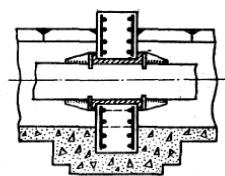


Рис.5. Неподвижная лобовая опора

### Подвижные опоры

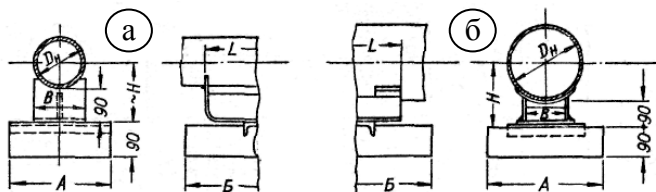
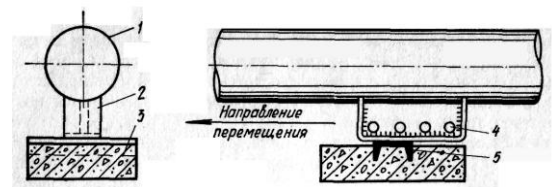


Рис. 6. Скользящая опора

а – для труб с  $D_n = 32 \div 194$  мм; б – для труб с  $D_n = 219 \div 1020$  мм; 1 – трубопровод; 2 – скользящая опора; 3 – опорная подушка; 4 – отверстия для крепления изоляции; 5 – металлическая подкладка



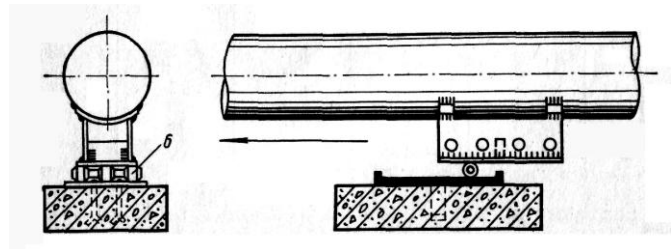
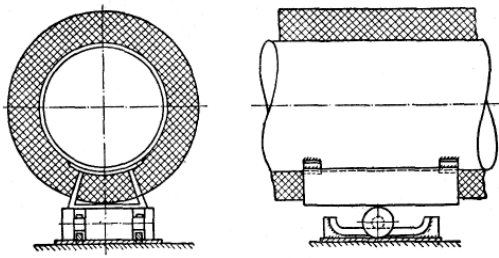


Рис. 7. Катковая опора

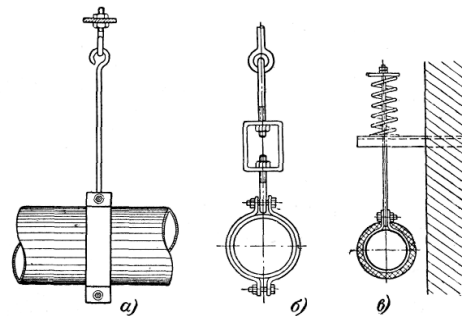
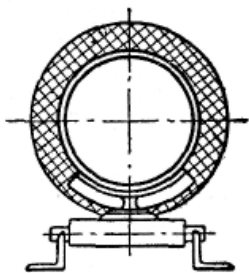


Рис. 8. Роликовая опора

Рис. 9. Подвесные опоры

Между подвижными опорами обычно допускаются следующие предельно допустимые расстояния в зависимости от диаметров труб:

Диаметры трубы, мм....	50	80	100	150	200	250-400	450-1200
------------------------	----	----	-----	-----	-----	---------	----------

Расстояние между подвижными опорами, ...	4	5	6	7	8	9	10
--	---	---	---	---	---	---	----

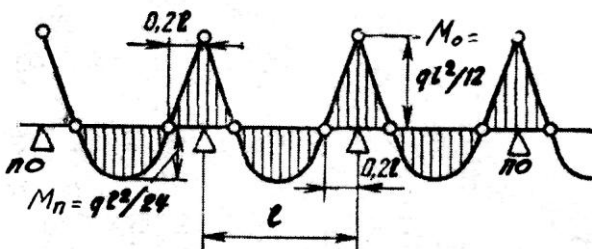


Рис. 10. Эпюра изгибающих моментов

по – подвижная опора;

$l$  – длина пролёта между опорами, м;

$q$  – полная удельная нагрузка на 1 м длины трубопровода, Н/м

### 3. Построение монтажной схемы

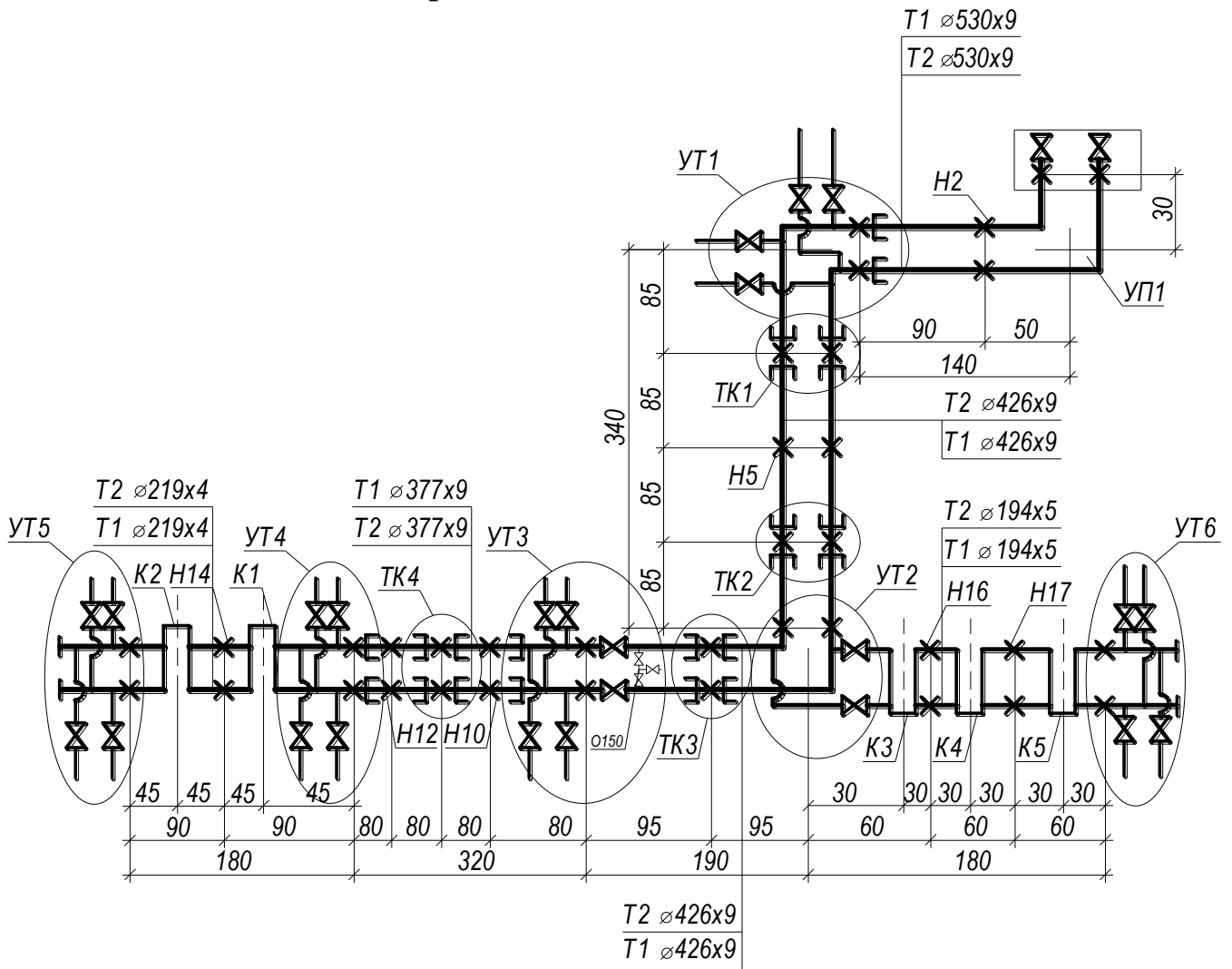


Рис. 11. Схема сети

В соответствии с требованиями ГОСТ 21.605-82 «Сети тепловые» масштабы изображений на чертежах должны соответствовать приведённым в таблице 1.

Таблица 1

Наименование изображений	Масштаб
План сетей	1:500, 1:1000
Схемы сетей и узлов трубопроводов	Без масштаба
Профили сетей: по горизонтали	1:500, 1:1000
по вертикали	1:50, 1:100
Поперечные разрезы сетей	1:10, 1:20, 1:50
Планы и разрезы узлов трубопроводов и П-образных компенсаторов	1:10, 1:20, 1:50, 1:100
Чертежи общих видов	1:5, 1:10, 1:20, 1:50

#### 4. Выбор схем присоединения систем отопления зданий при сложном рельефе местности

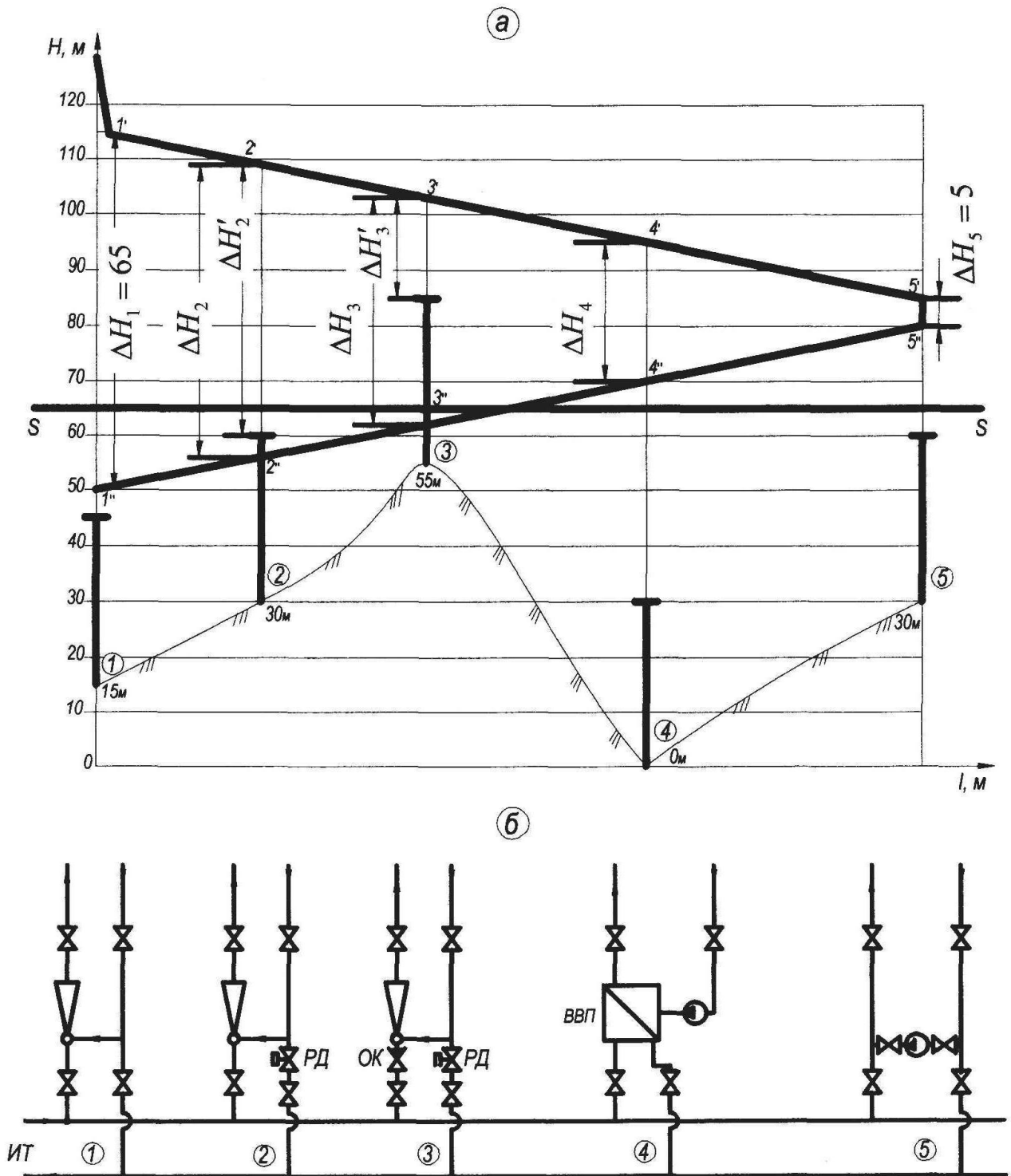
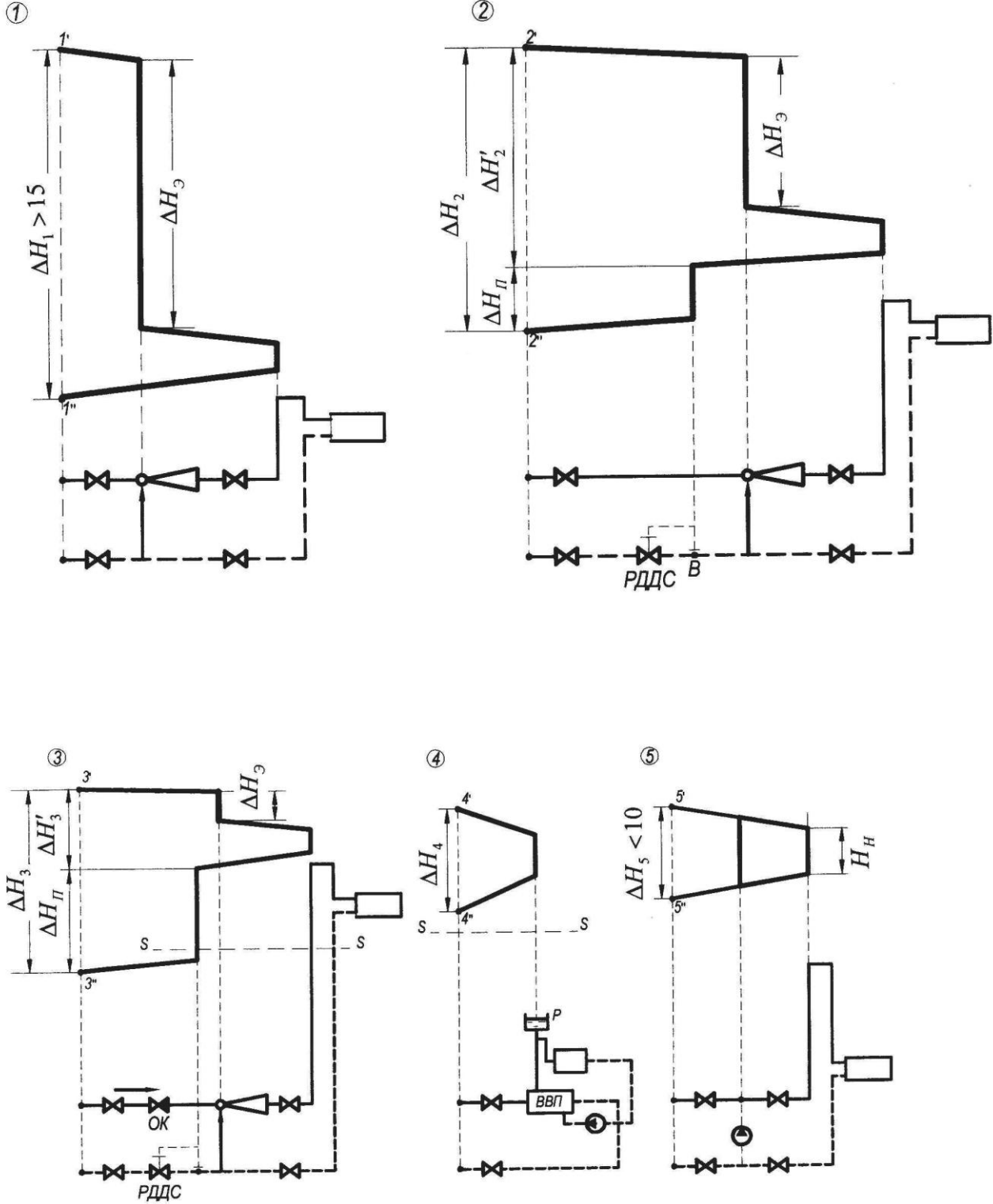


Рис. 12. Пьезометрический график двухтрубной водяной тепловой сети (а) и схемы присоединения отопительных установок (б) к тепловой сети (выбор схемы присоединения потребителей)



Принципиальные схемы ввода абонентов 1-5 и пьезометрические графики



## 5. Разработка пьезометрического графика при сложном рельефе местности и протяжённых тепловых сетях

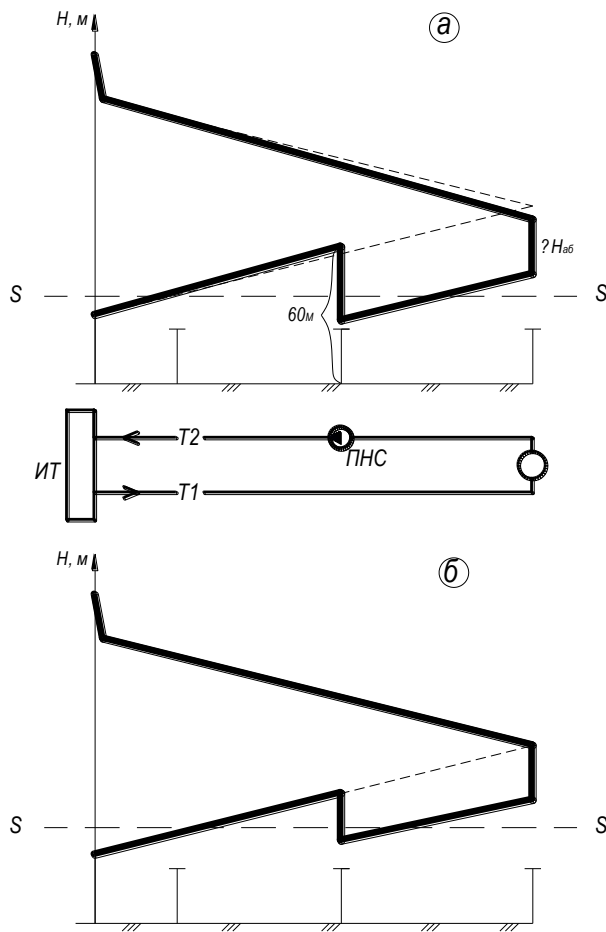


Рис. 13. Пьезометрический график для тепловой сети большой протяжённости с ровным рельефом местности и подкачивающей насосной станцией (ПНС) на обратном трубопроводе  
 а) абонентские вводы не автоматизированы (РР отсутствуют)  
 б) вводы автоматизированы

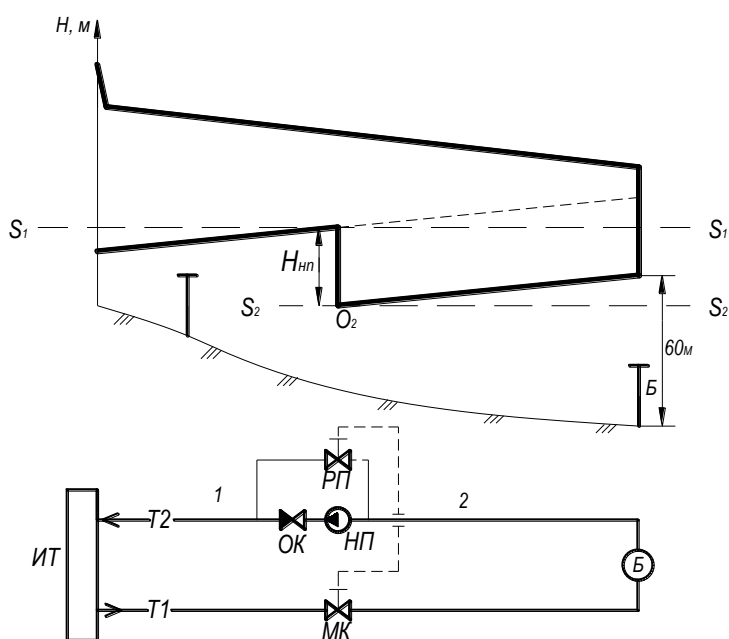


Рис. 14. Пьезометрический график и схема сети с насосной подстанцией на обратном трубопроводе с автоматизированными вводами:  
 НП – насос подстанции;  
 РП – регулятор подпитки;  
 ОК – обратный клапан;  
 МК – мембранный клапан рассечки;  
 $H_{НП}$  – напор насоса подстанции

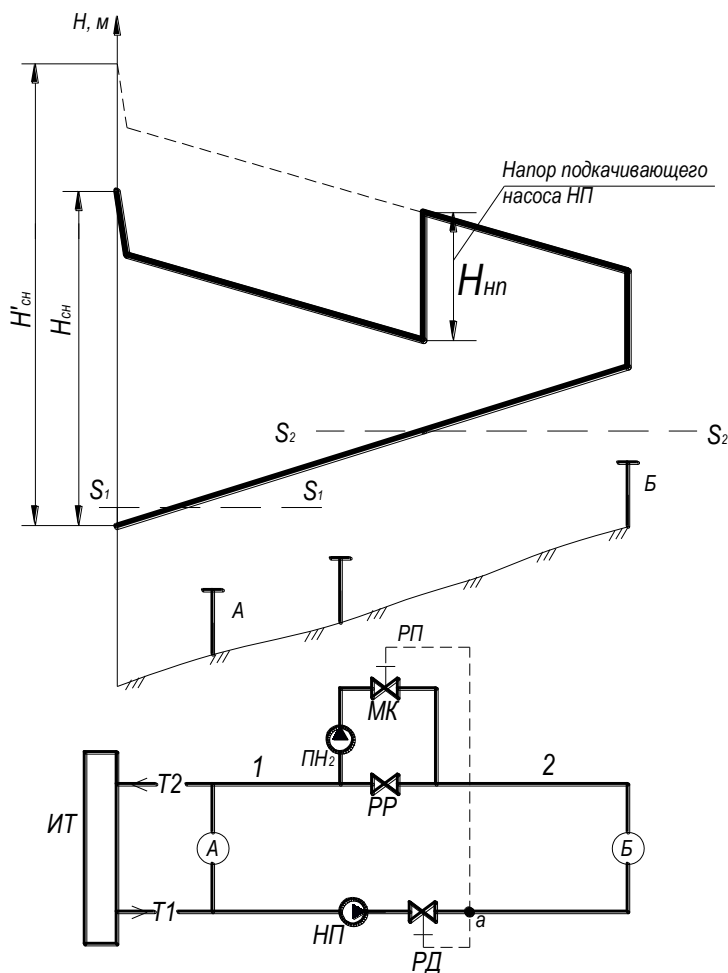


Рис. 15. Пьезометрический график и схема двухтрубной водяной тепловой сети с насосной подстанцией на подающем трубопроводе; НП – подкачивающий насос подстанции; РП – регулятор подпитки; РР – регулятор рассечки; ПН<sub>2</sub> – подпиточный насос 2ой зоны; РД – регулятор давления

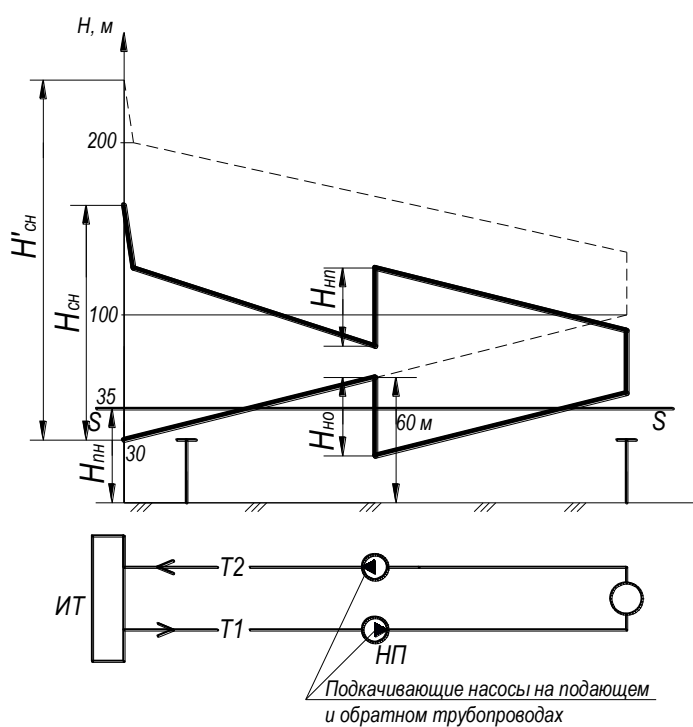


Рис. 16. Пьезометрический график тепловой сети большой протяжённости; S–S – линия статического напора;  $H'_{CH}$  ( $H'_{CH}$ ) – напор сетевого насоса;  $H_{НП}$  – напор подпиточного насоса (35м);  $H_{зд} = 30m$  – высота зданий; НП – насос подстанции;  $H_{НП}$  – напор подкачивающего насоса на подающей линии тепловой сети;  $H_{НО}$  – напор подкачивающего насоса на обратной линии тепловой сети;

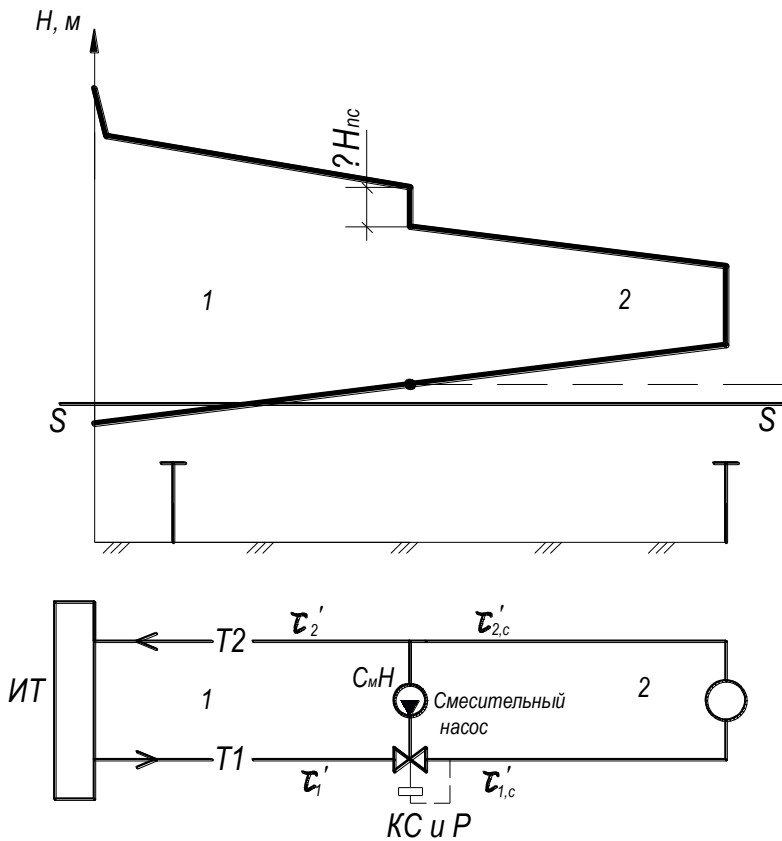


Рис. 17. Пьезометрический график тепловой сети со смесительной насосной подстанцией;  
 СмН – смесительный насос;  
 КСиР – клапан смешения и рассечки;  
 S–S – линия статического напора;  
 $\Delta H_{пс}$  – перепад напоров;  
 $\tau'_1$ ,  $\tau'_2$  – расчётные температуры воды в подающем и обратном трубопроводах;  
 $\tau'_{1,c}$ ,  $\tau'_{2,c}$  – расчётные температуры воды в подающем и обратном

трубопроводах после смешения;

1 зона – высоких температур и давлений теплоносителя;

2 зона – пониженных температур и давлений теплоносителя;

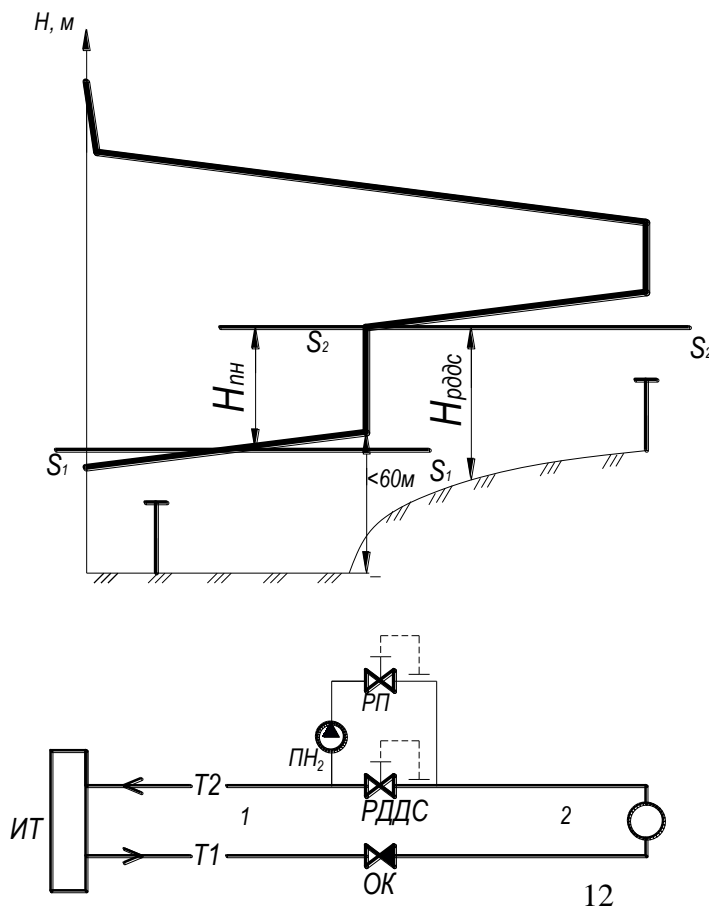


Рис. 18. Пьезометрический график тепловой сети при ступенчатом рельефе местности;  
 ПН – подпиточный насос;  
 РП – регулятор подпитки верхней зоны;  
 РДДС – регулятор давления «до себя»;  
 ОК – обратный клапан;  
 $H_{пн}$  – напор, развиваемый подпиточным насосом;  
 $H_{рддс}$  – напор, регулятора давления «до себя» и регулятора подпитки РП

## 6. Продольный профиль тепловых сетей

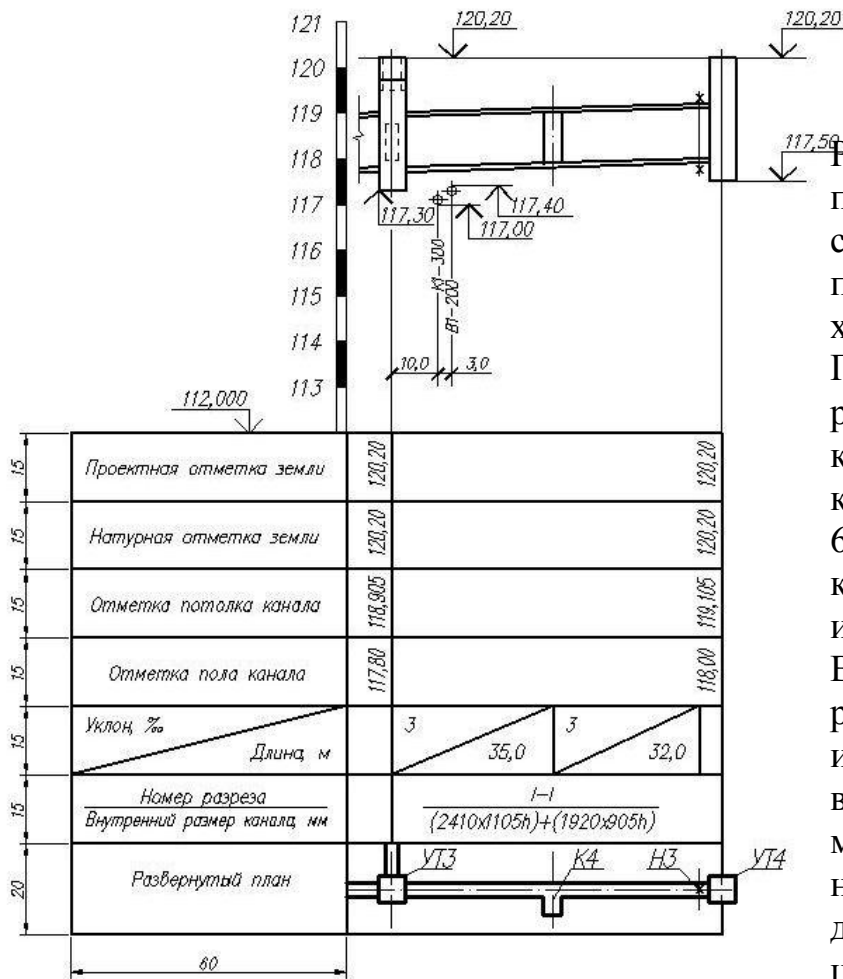


Рис. 19. Пример выполнения профиля сетей для подземной прокладки в непроходных каналах. Представлена четырёхтрубная прокладка в непроходных каналах марки МКЛ 6 и МКЛ 4, высота канала показана с индексом  $h$ .

Величину уклона рассчитывают как  $tg$  и приводят значения в промилле. Промилле – это тысячная доля целого, т. е. десятая часть процента, имеет обозначение ‰.

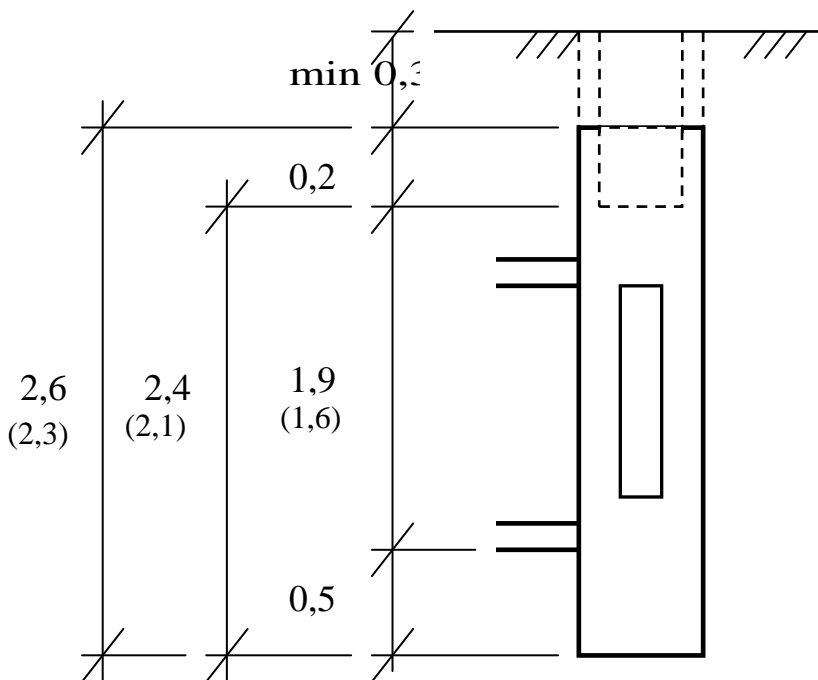


Рис. 20. Камеры высотой 2,4 м для трубопроводов диаметром  $D_y \geq 600$ , в скобках приведены значения для тепловых камер высотой 2,1 м (для трубопроводов диаметром  $D_y < 600$ )

## 7. Режимы регулирования централизованного теплоснабжения

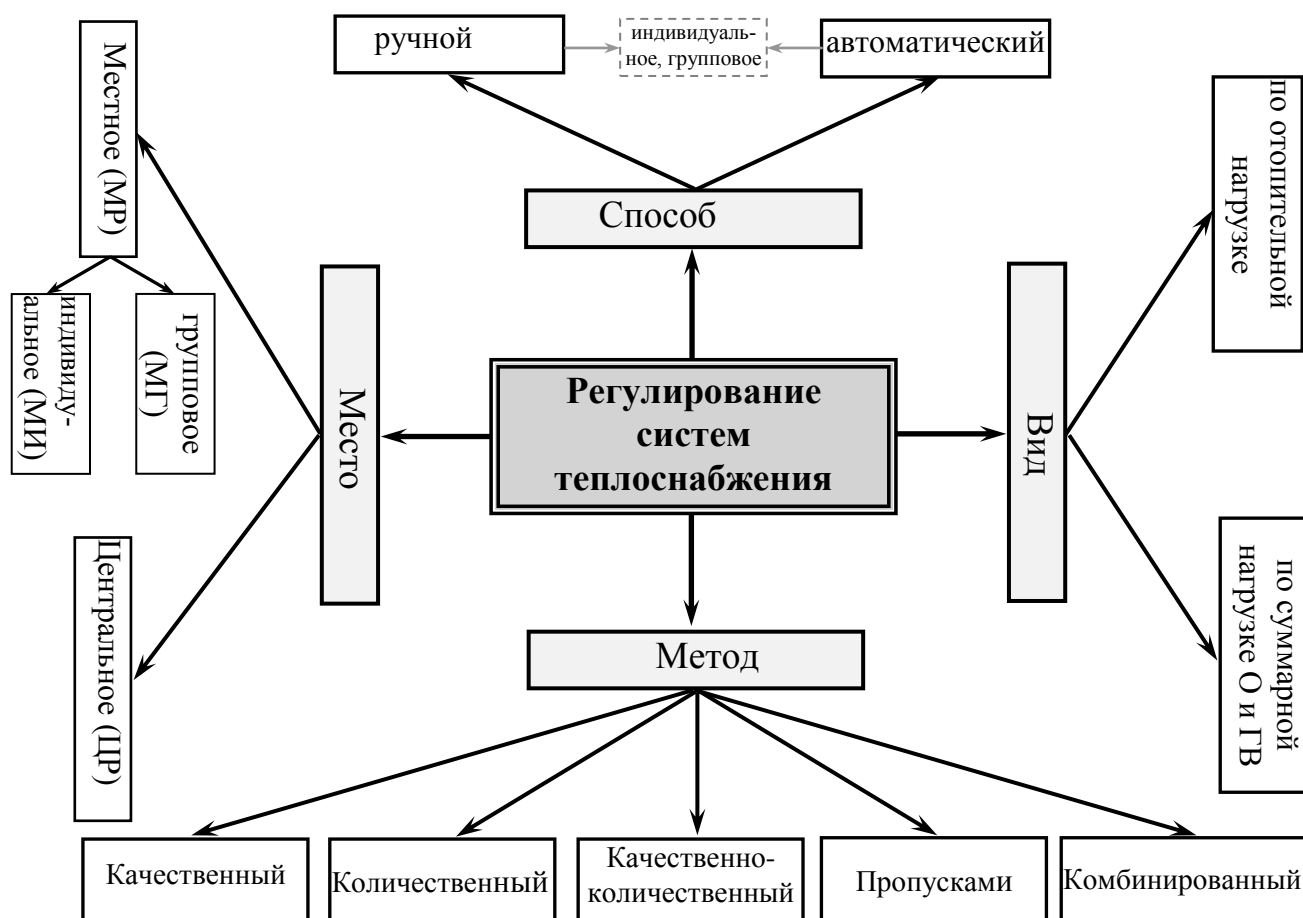


Рис. 21. Регулирование систем теплоснабжения различают по месту, способу, виду и методу

По **месту** установки регулирующих устройств и аппаратуры регулирование делится на центральное и местное.

По **способу** включения потребителей регулирование может быть автоматическим или ручным. В том и другом случае возможно индивидуальное или групповое регулирование.

По **виду** регулирования оно подразделяется по: отопительной или суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

По **методу** регулирования различают: качественное, количественное, качественно-количественное, пропусками и комбинированное регулирование.

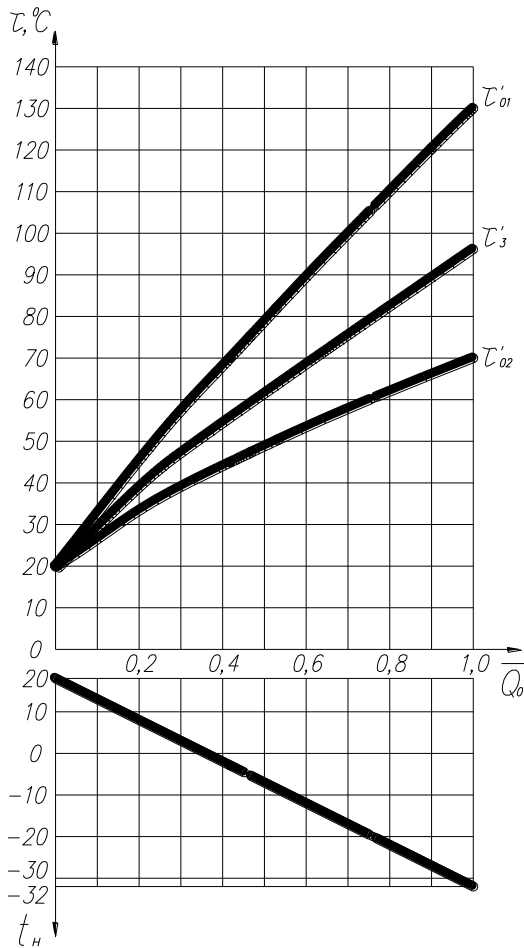


Рис. 22. График температуры воды в подающих и обратных магистралях тепловой сети при качественном регулировании отопительной нагрузки. График рассчитывается по следующим формулам:

$$\tau_{01} = t_i + \Delta t'_o \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + (\delta \tau'_o - 0,5 \cdot \theta'_o) \cdot \bar{Q}_o,$$

$$\tau_{02} = t_i + \Delta t'_o \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta'_o \cdot \bar{Q}_o,$$

$$\tau_3 = t_i + \Delta t'_o \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + 0,5 \theta'_o \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

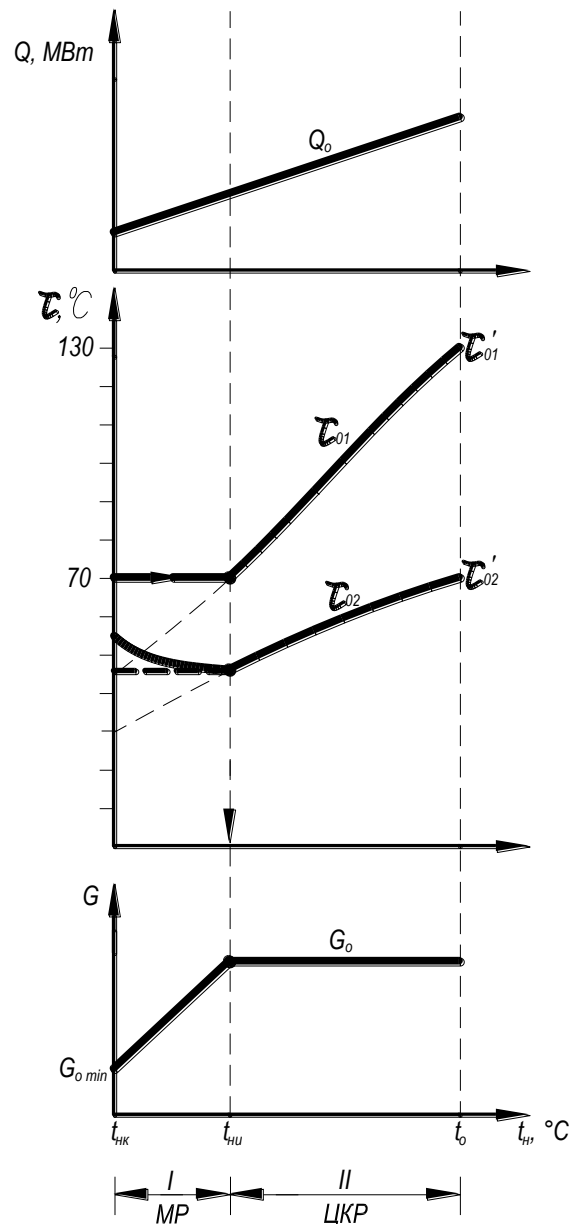
Приведённый график называют **отопительным**.

Рис. 23. График температур, расходов тепла и сетевой воды при комбинированном регулировании отопительной нагрузки:

MP – местное регулирование или регулирование пропусками;  
ЦКР – центральное качественное регулирование.

Этот график так же называется **отопительно-бытовым**.

$t_{ни}$  - точка излома температурного графика, делит отопительный период на два диапазона. Излом температурного графика обусловлен необходимостью нагрева водопроводной воды в теплообменнике до 60 – 65 °С. Поэтому на температурном графике возникает так называемая весенне-летняя срезка или "излом" температуры подающей линии на уровне 70 °С для закрытых систем теплоснабжения.



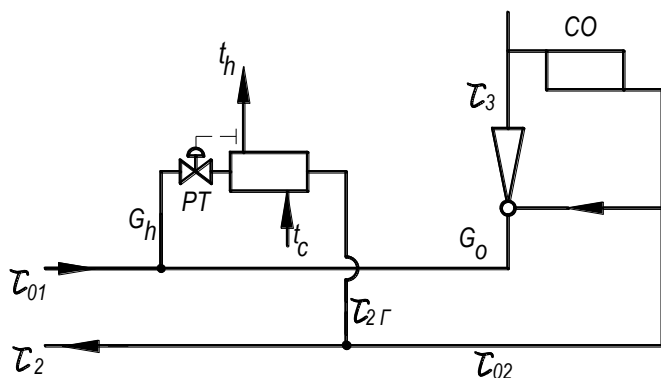


Рис. 24. Принципиальная параллельная схема

Рис. 25. Графики расходов тепла и сетевой воды, температур при параллельной схеме включения подогревателей

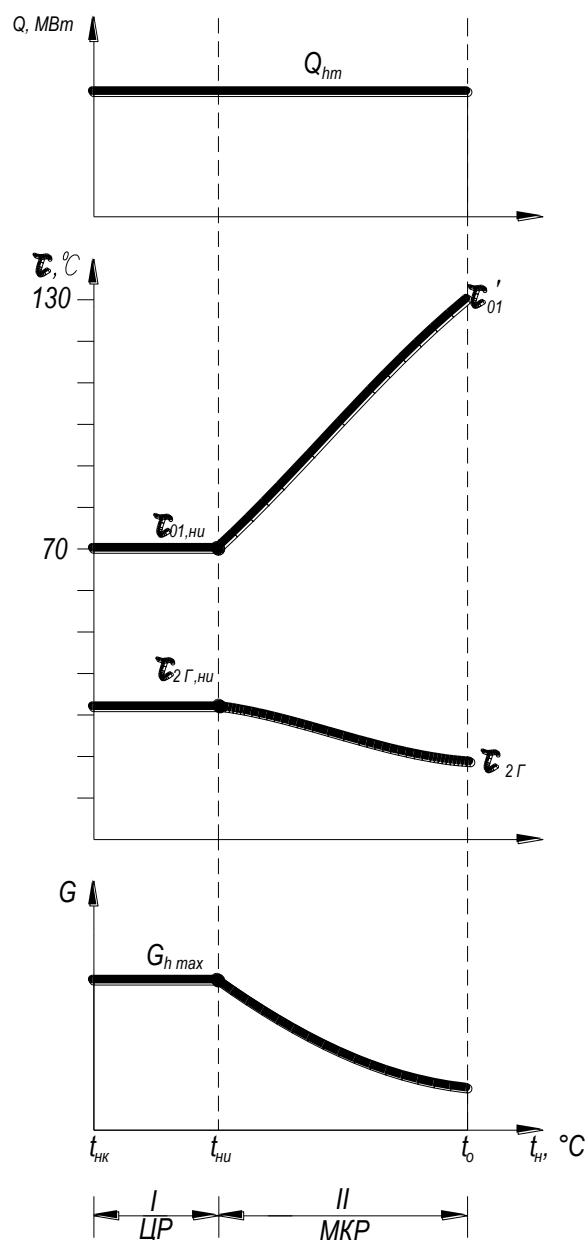
При регулировании по отопительной нагрузке  $\left(\frac{Q_{hm}}{Q_{o\max}} \leq 0,15\right)$  и отношении  $\frac{Q_{h\max}}{Q_{o\max}} < 0,2$  и  $\frac{Q_{h\max}}{Q_{o\max}} > 1,0$  теплообменники горячего водоснабжения присоединяют по параллельной схеме.

В диапазоне I при постоянной нагрузке горячего водоснабжения и постоянной температуре воды расход сетевой воды тоже остаётся неизменным:

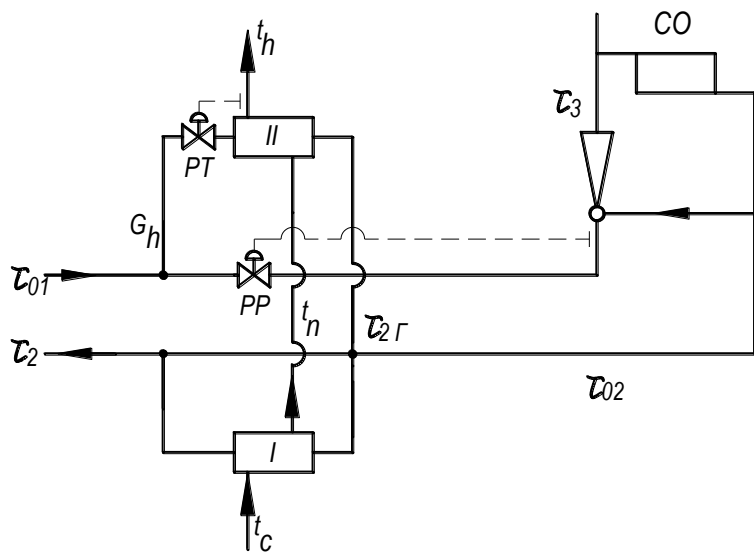
$$G_{h\max} = \frac{Q_{hm} \cdot 10^3}{c(\tau_{01,ни} - \tau_{2Г,ни})}, \text{ кг/с}$$

где  $\tau_{2Г,ни}$  – температура теплоносителя после теплообменника, в точке излома температурного графика,  $\tau_{2Г,ни} \approx 30^\circ\text{C}$ .

В диапазоне II постоянный расход тепла на горячее водоснабжение при переменной температуре сетевой воды обеспечивается местным количественным регулированием (МКР).







.Рис. 26.  
Принципиальная 2-х  
ступенчатая  
смешанная схема  
присоединения  
теплообменников  
горячего  
водоснабжения:  
I - подогреватель  
нижней ступени;  
II - подогреватель  
верхней ступени;

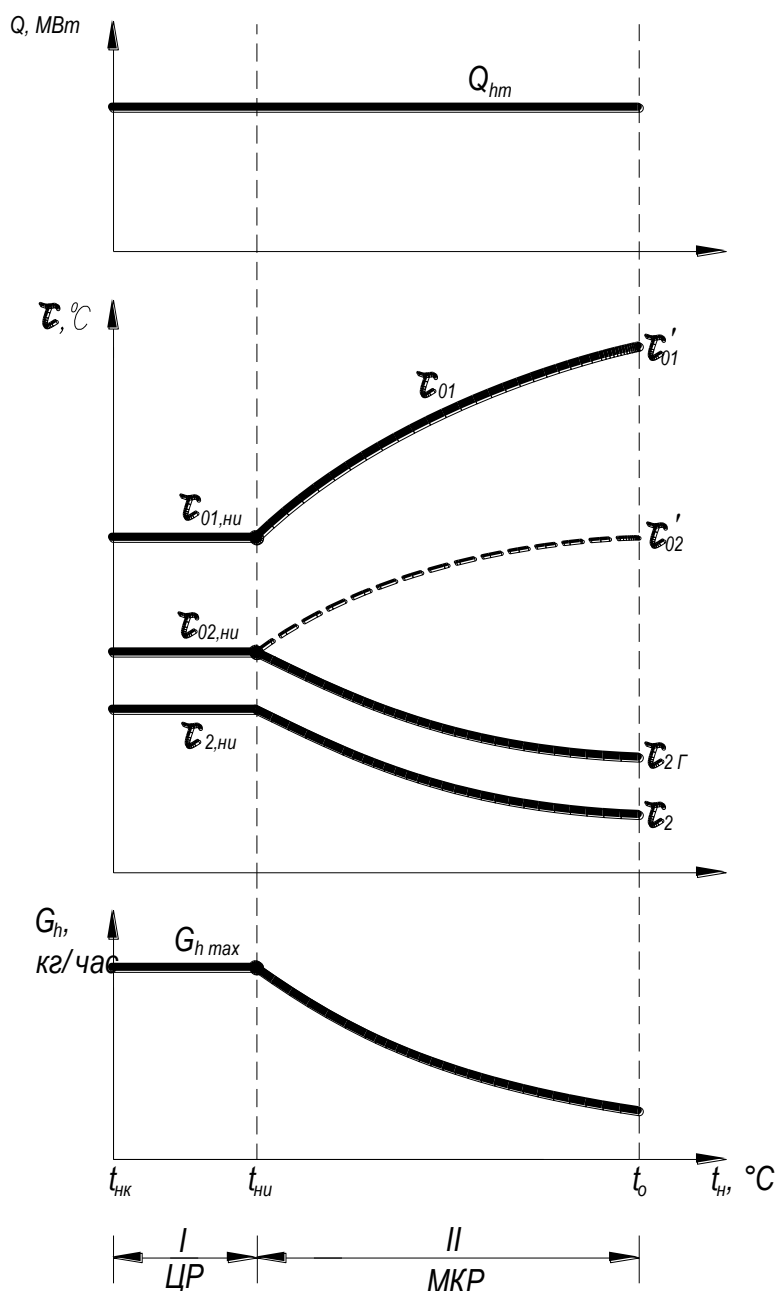


Рис. 27. Графики расходов  
тепла, температур  
и сетевой воды на горячее  
водоснабжение при  
смешанной схеме  
присоединения  
подогревателей

В диапазоне I температура сетевой воды на выходе из подогревателя верхней ступени  $\tau_{2Г}$  принимается равной температуре обратной воды после системы отопления  $\tau_{02}$ :

$$\tau_{2Г} = \tau_{02} = \tau_{см}.$$

В диапазоне II вследствие повышения температуры воды после отопления подогрев водопроводной воды в подогревателе I ступени увеличивается. Тепловая нагрузка II ступени соответственно снижается. Регулятор температуры РТ уменьшает поступление сетевой воды в подогреватель верхней ступени.

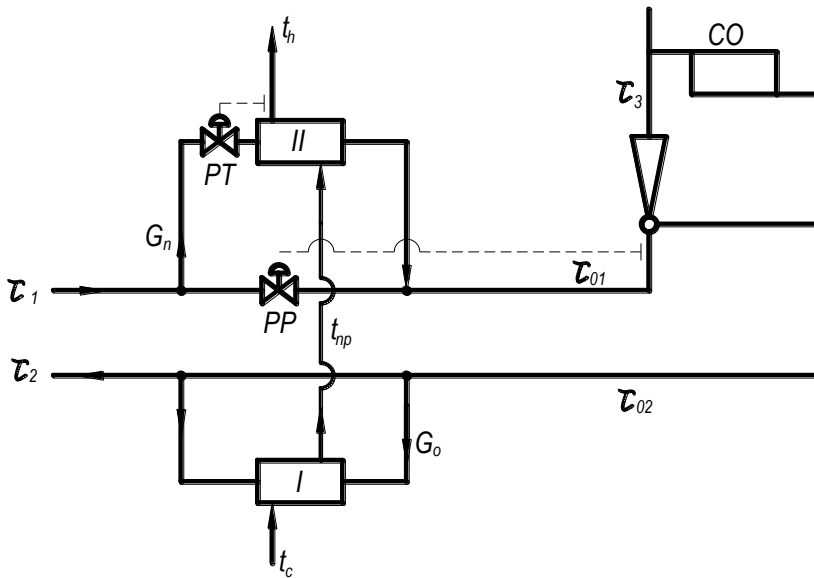


Рис. 28. Принципиальная 2-х ступенчатая последовательная схема присоединения теплообменников

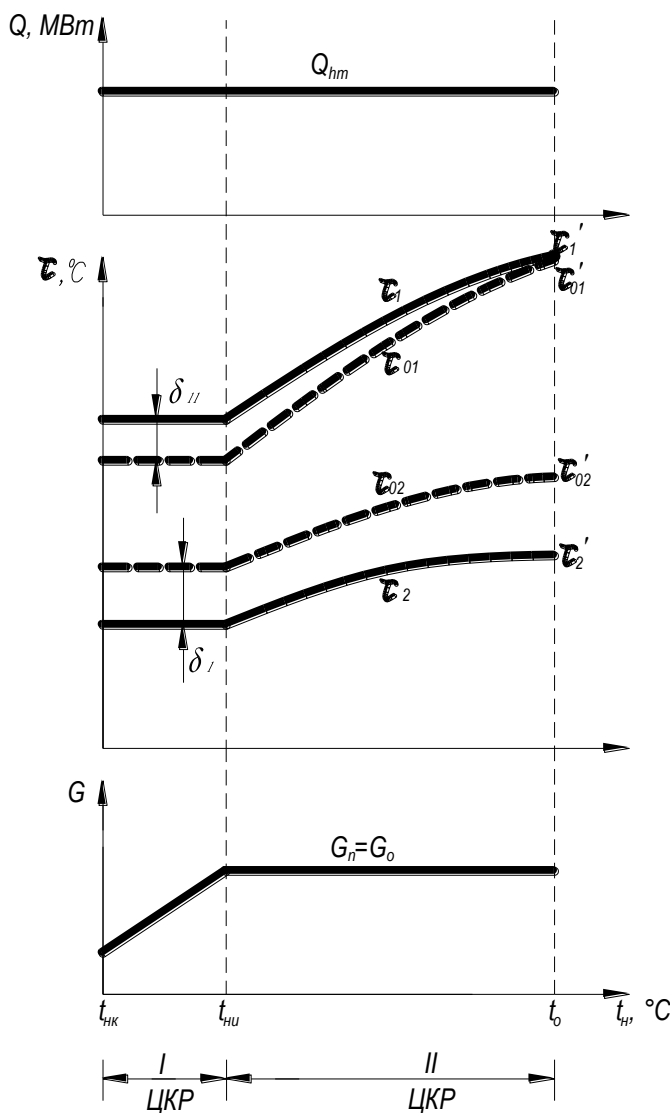


Рис. 29. Графики расходов тепла, температур и сетевой воды на горячее водоснабжение при регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения («повышенный» температурный график):

$\tau_{01}, \tau_{02}$  - отопительно-бытовой график регулирования;

$\tau_1, \tau_2$  - повышенный график.

Суммарный перепад температур греющей (сетевой) воды не зависит от температуры наружного воздуха:

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} = \frac{Q_{ГВ}^{\circ}}{Q_o} \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02}), ^{\circ}$$

С.

Температура теплоносителя в подающем трубопроводе закрытой тепловой сети при повышенном температурном графике:

$$\tau_1 = \tau_{01} + \delta_{II}$$

в обратном трубопроводе:

$$\tau_2 = \tau_{02} - \delta_I.$$

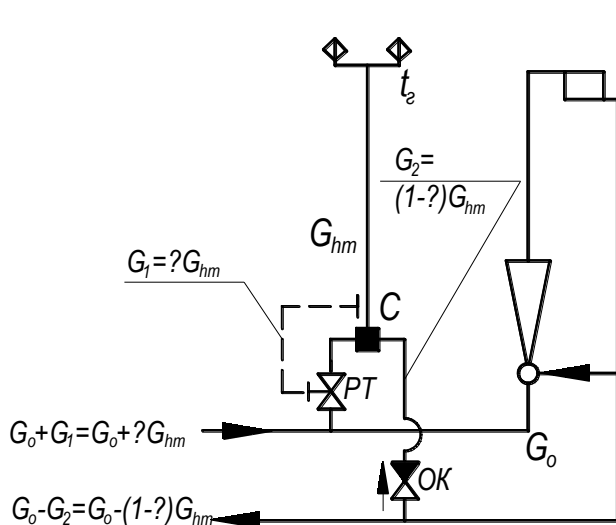


Рис. 30. Схема абонентского ввода в открытых системах теплоснабжения при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке

Рис. 31. Графики тепловой нагрузки, температур и расхода воды на горячее водоснабжение

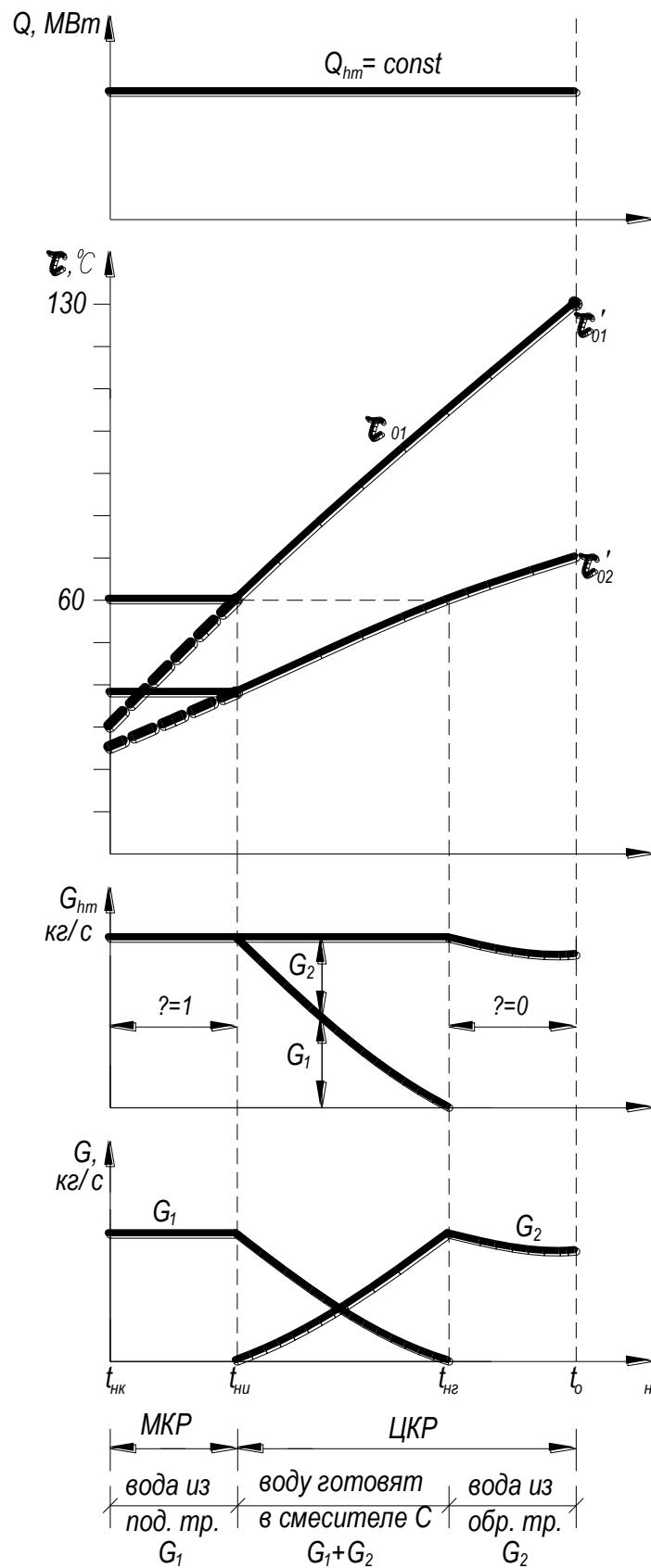
В открытых системах теплоснабжения вода для нужд ГВ отбирается непосредственно из тепловой сети. Величина водоразбора из подающего трубопровода перед элеватором:

$$G_1 = \beta \cdot G_{hm},$$

$G_2 = (1 - \beta) \cdot G_{hm}$  - отбирается из обратного трубопровода, после системы отопления.

$\beta$  - доля водоразбора из подающего трубопровода:  $\beta = \frac{t_{\Gamma} - \tau_{02}}{\tau_{01} - \tau_{02}}$ .

В течение отопительного сезона доля водоразбора из подающей магистрали изменяется в пределах  $0 \leq \beta \leq 1$  (рис. 31).



# АТЛАС

приложение к лекционному курсу по дисциплине  
**Б3.В7 "Современные системы теплоснабжения"**  
для студентов направления подготовки 270800 «Строительство»  
профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» 270105

Составители: АХМЕРОВА Гузель Мневеровна,  
ЛАНЦОВ Александр Евгеньевич

Редактор:  
Корректор:

Подписано в печать  
Заказ №  
Тираж 100 экз.

Печать ризографическая  
Бумага офсетная № I

Формат 60 x 84/16  
Усл. печ. л. 1,25  
Уч. -изд. л. 1,25

---

Издательство КГАСУ  
420043, Казань, Зелёная, 1.