

И С Т

**ТЕОРИЯ**

**Для ЛР4**

**Гидравлические режимы  
тепловой сети**

## Лабораторная работа №4

---

### **Исследование и анализ тепло-гидравлических режимов тепловой сети на базе математического моделирования системы теплоснабжения населенного пункта в программном комплексе "Теплоэксперт"**

- Изучение назначения, состава, принципов построения, проектирования и балансировки тепловой сети центральной системы теплоснабжения;*
  
- Краткое знакомство с программным расчетным комплексом "Теплоэксперт" - назначение, интерфейс, принцип работы с комплексом, функциональные возможности;*
  
- Выполнение практического задания по гидравлической балансировке участка тепловой сети в программном комплексе.*

# Основные подходы к проектированию тепловых сетей

---

*Огромные расходы сетевой воды*

*Трубопроводы большого диаметра*

*Большие насосы и моторы*

*Большие задвижки и приводы*

*Большая протяженность трубопроводов*

*Большие объемы воды в сети*

*Требуется стабильный гидравлический режим*

*Регулировать расход воды в сети крайне сложно*



**КАЧЕСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ**

# Основные подходы к проектированию

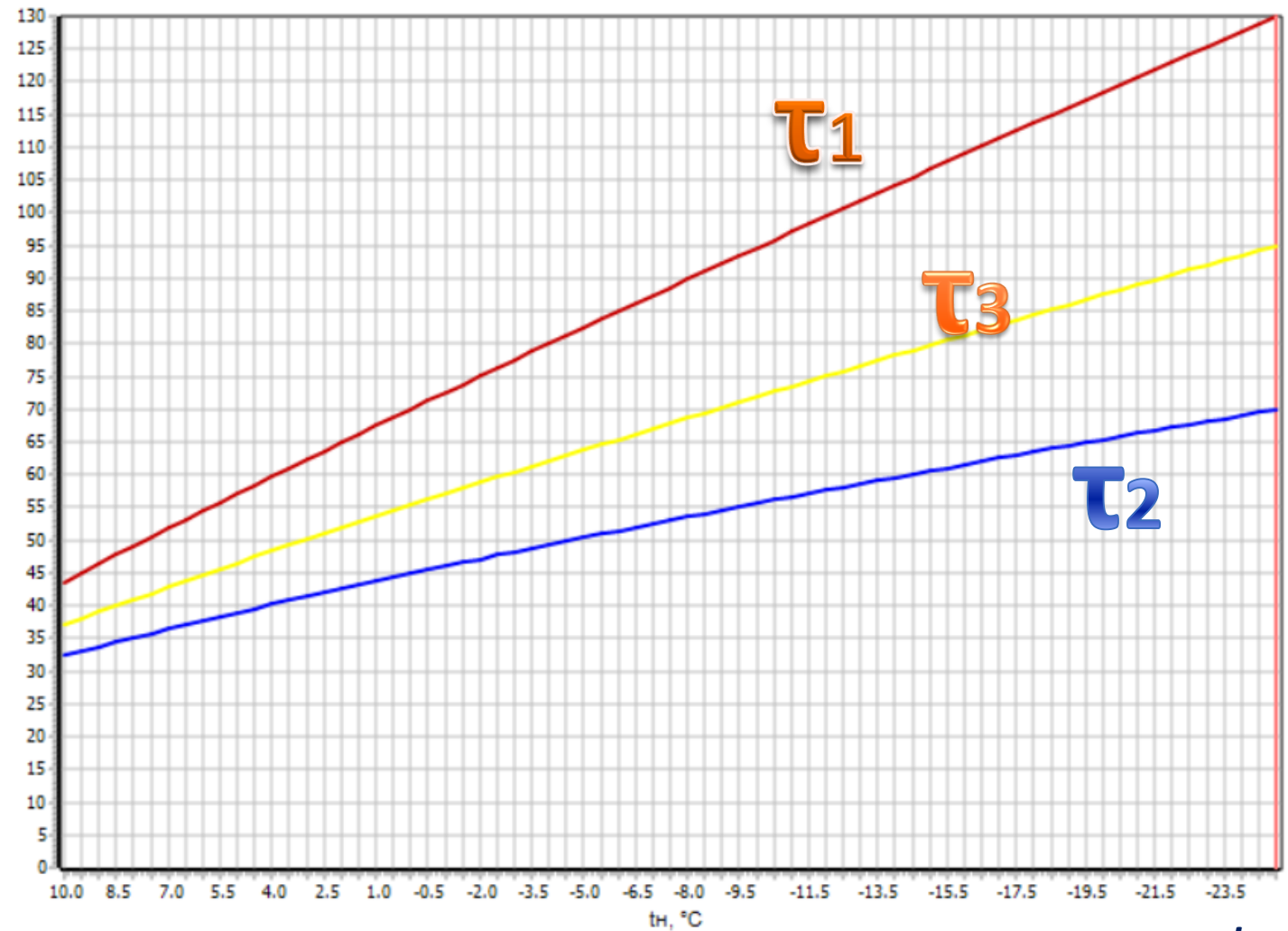
## Регулирование отпуска тепла от источника

**Качественное регулирование**

**Погодозависимый график  
регулирования отпуска тепла  
от источника (ТЭЦ).**

**Контролируется по  
среднесуточной температуре.  
Два раза в сутки.**

**Постоянный расход сетевой  
воды**



# Основные подходы к проектированию

## Регулирование отпуска тепла от источника

*Два режима работы тепловой сети – летний и зимний. Два разных расхода сетевой воды. Регулируемые насосы или две отдельные насосные группы.*



**G** летний



**G** зимний

*Расход сетевой воды рассчитывается при средней нагрузке на ГВС – это позволяет снизить диаметр трубопроводов*



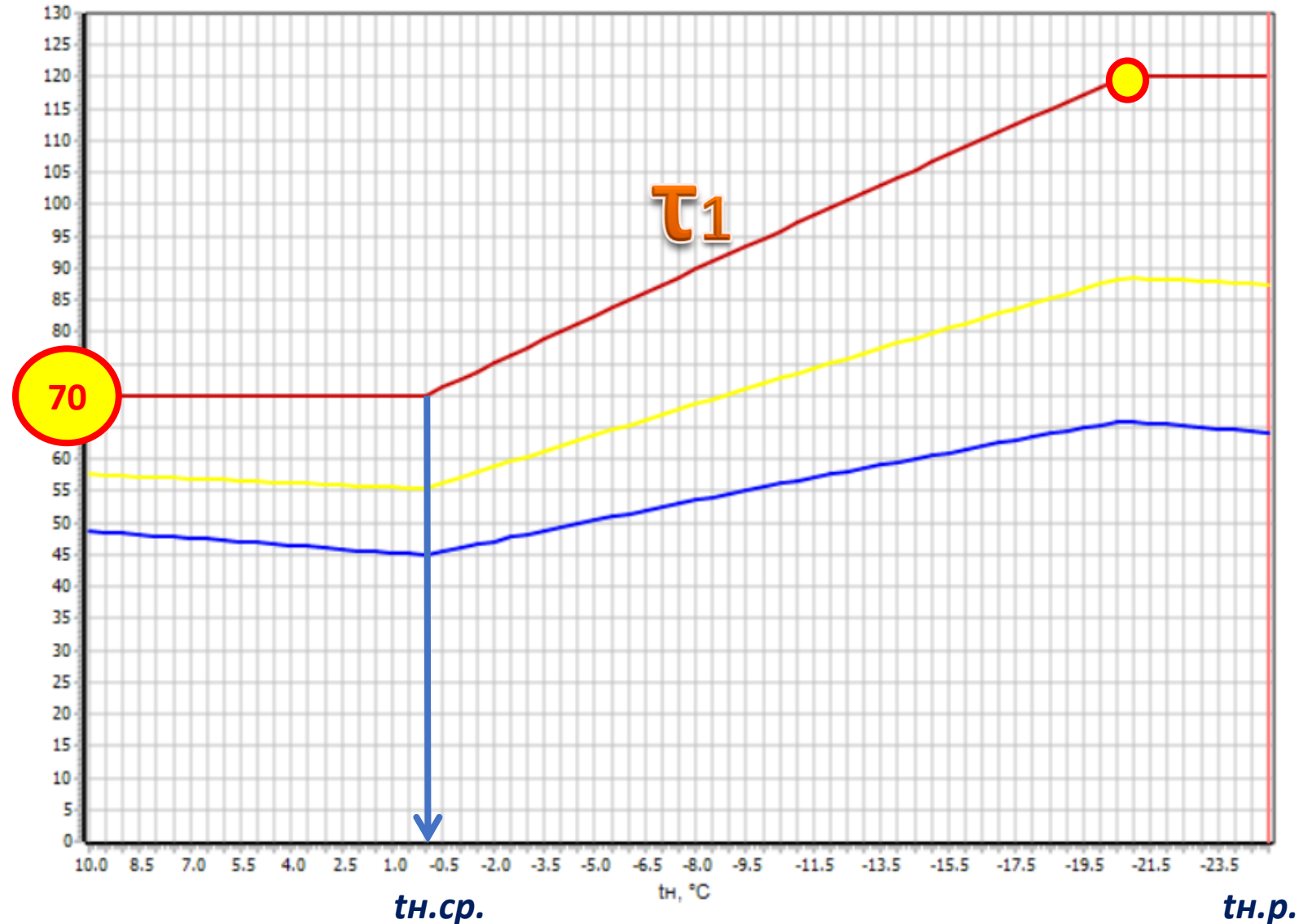
# Основные подходы к проектированию

## Регулирование отпуска тепла от источника

**Точка излома**  
(нижняя  
температурная срезка)  
 $t_{н.ср.} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

**Для чего нужна точка излома?**

**Верхняя  
температурная  
срезка**



## Вопросы для самоконтроля

### Требуется определить:

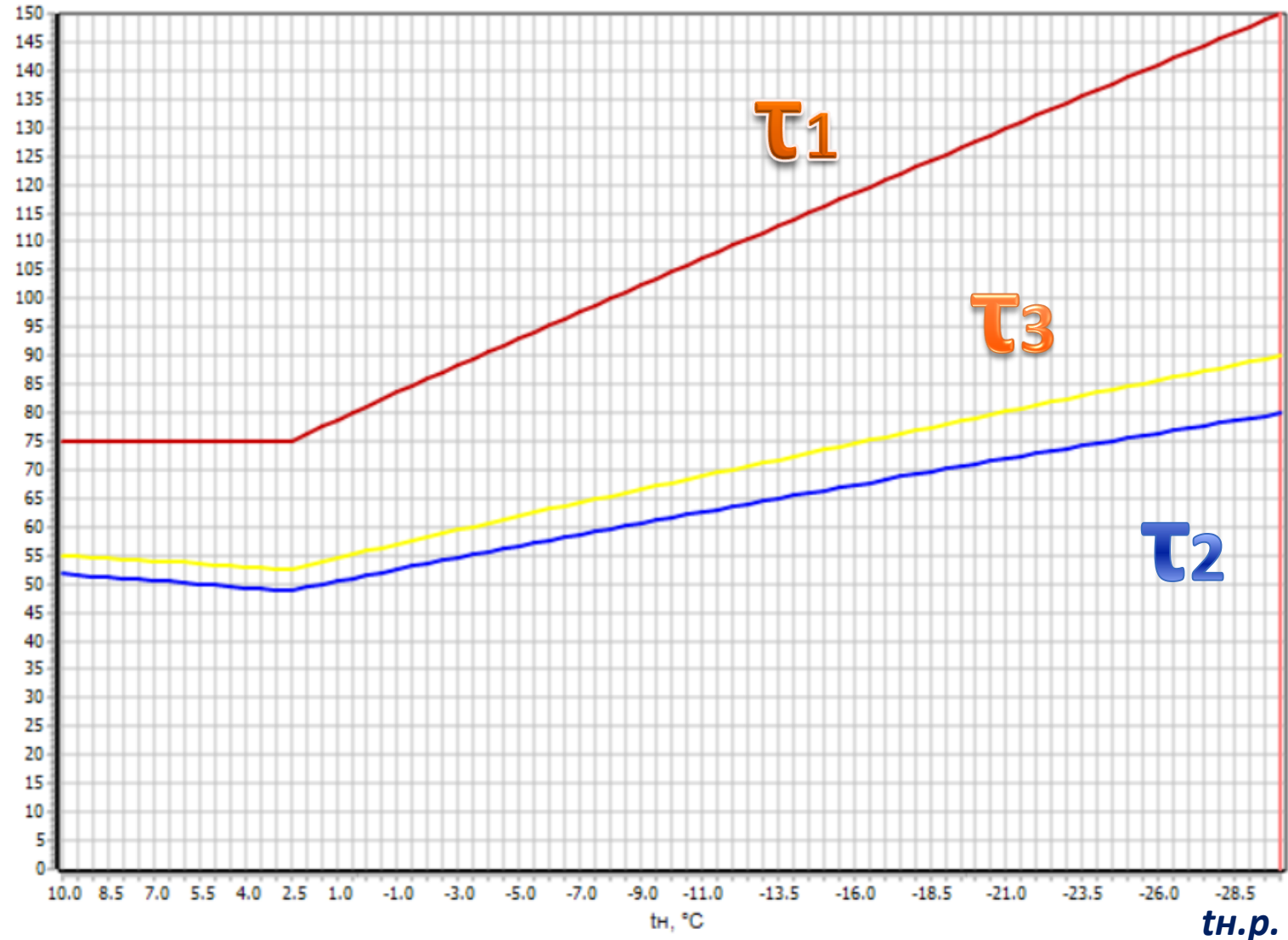
Температурный график тепловой сети?

Температуру излома?

Температуру сетевой воды в точке излома?

Расчетную температуру наружного воздуха?

Температурный график системы отопления при зависимой схеме подключения



# Характерные особенности тепловых сетей

---

**Высокая разветвленность и протяженность**

**Двухтрубная тупиковая схема, кольцевые схемы**

**Разнородные нагрузки по составу и мощности**

**Различные схемы подключения потребителей (абонентов)**

**Большое количество потребителей**

**Один или несколько источников**

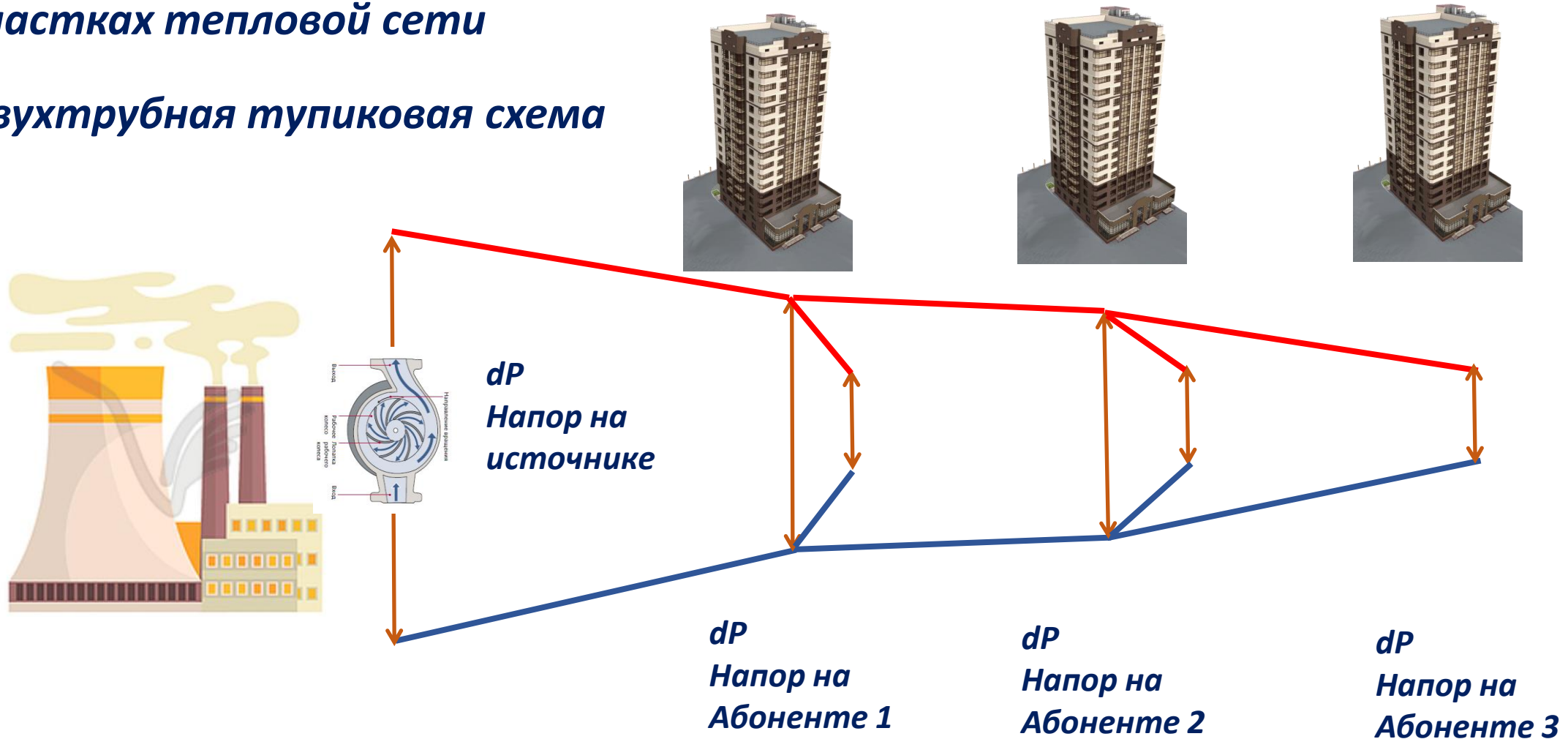
**Появление новых потребителей и модернизация существующих**

**Большие объемы вычислений при проектировании, эксплуатации, модернизации тепловых сетей**

# Балансировка сети

**Задача балансировки – обеспечить проектный расход на всех участках тепловой сети**

**Двухтрубная тупиковая схема**



# Балансировка сети

Главная магистраль  $dP(3)$

$dP_{1-2-3-4}$

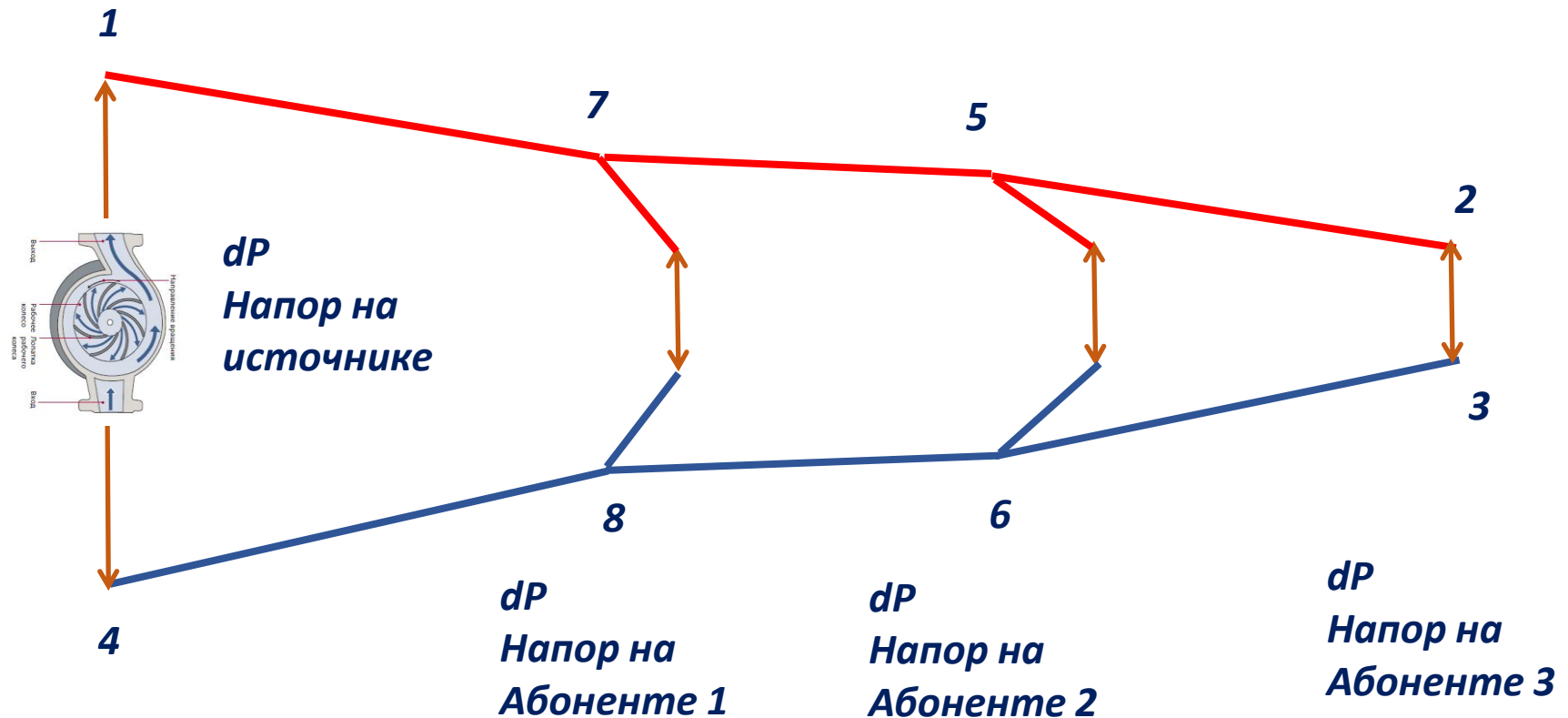
**Все контуры включены параллельно**

Контур  $dP(2)$

$dP_{1-5-6-4}$

Контур  $dP(3)$

$dP_{1-7-8-4}$



# Балансировка сети

## Параллельное подключение участков

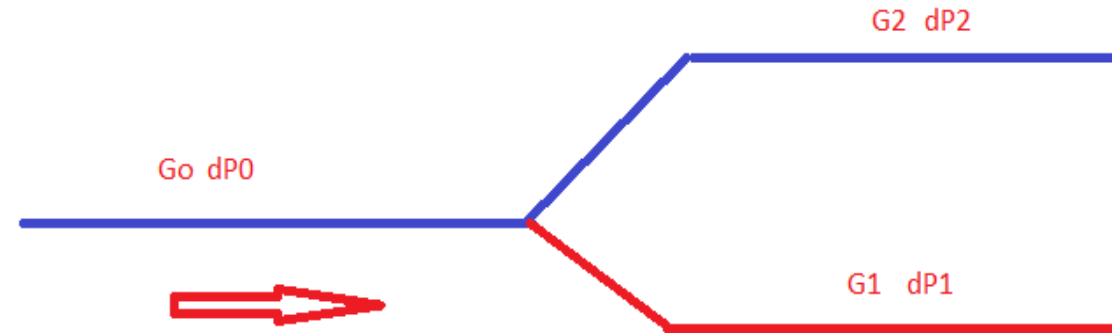
*Расход*

$$G_0 = G_1 + G_2$$

*Известно что  $G_1 > G_2$*

*Как соотносятся  $dP_1$  и  $dP_2$  ?*

*Гидравлическое  
сопротивление параллельных  
участков всегда одинаковое !*



$$dP_1 \cong dP_2$$

# Балансировка сети

## Параллельное подключение участков

*Расход*

$$G_0 = G_1 + G_2$$

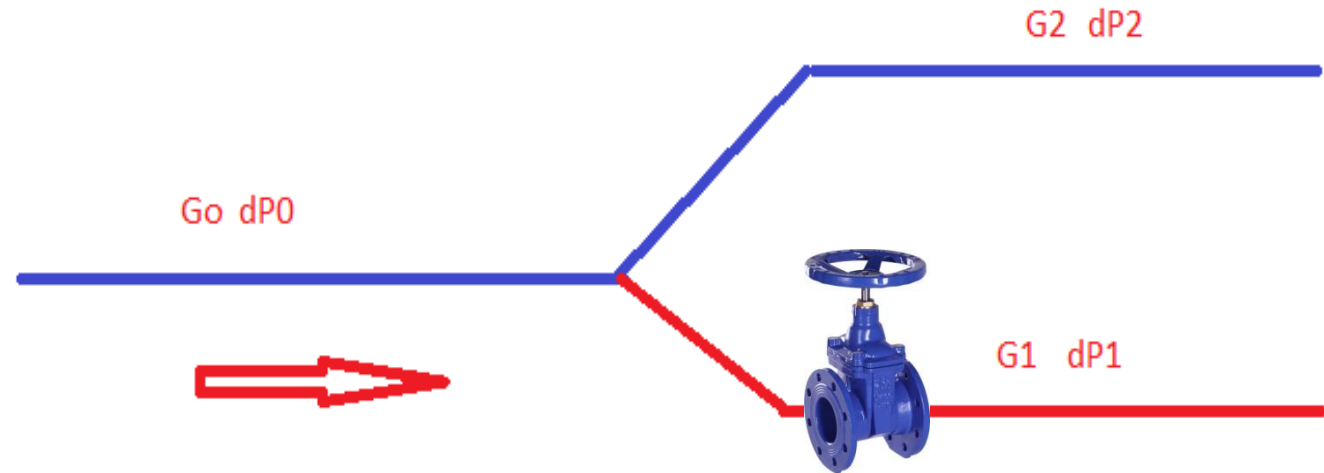
*Известно что  $G_1 > G_2$*

*Можно ли сделать так, чтобы  $dP_1$  и  $dP_2$  были разными*

$$\Delta P = k \cdot G^2$$

*Что мы меняем, когда поворачиваем задвижку?*

*Расходы  $G_1$  и  $G_2$  перераспределятся так, что  $dP_1 = dP_2$*



$$dP_1 = dP_2$$

# Балансировка сети

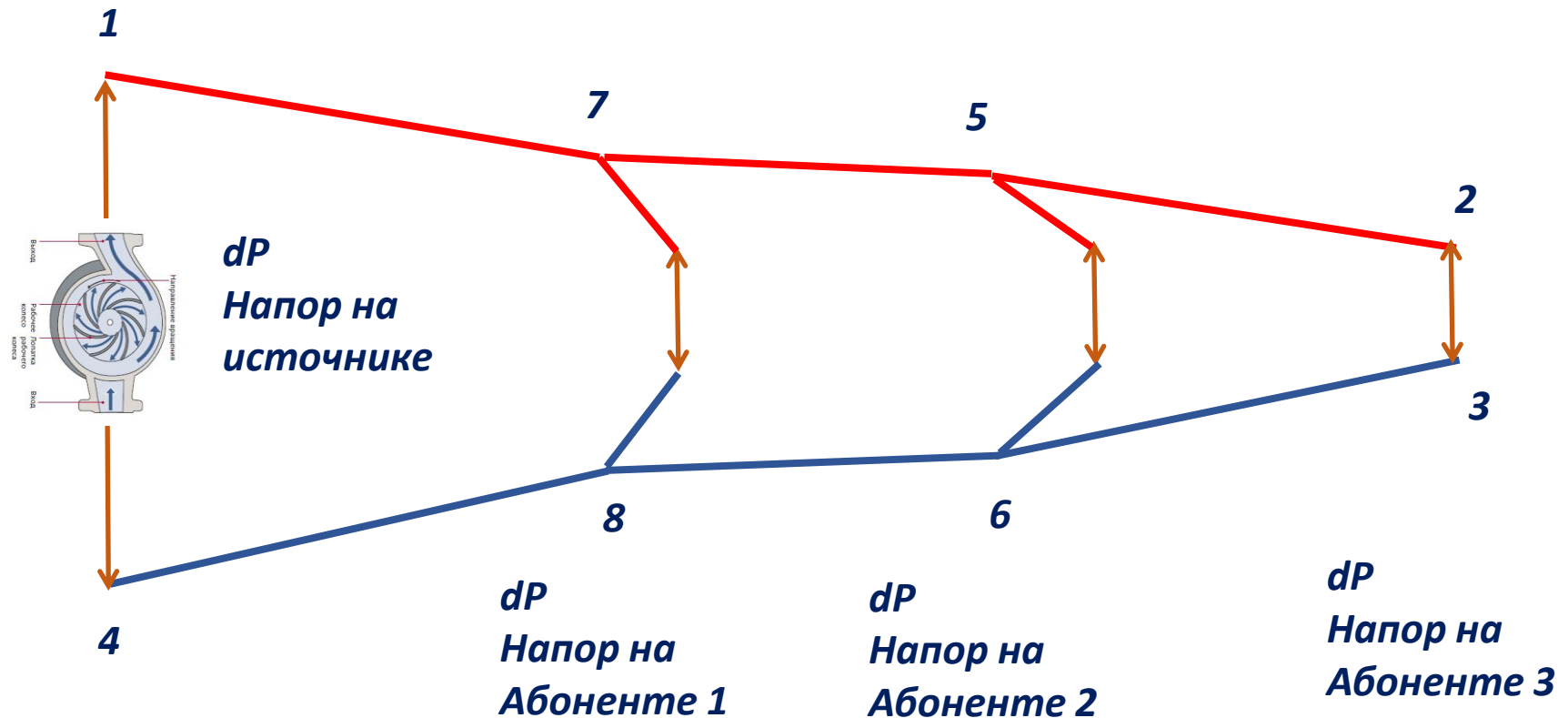
Главная магистраль  $dP(3)$   
 $dP_{1-2-3-4}$

$$dP(1) = dP(2) = dP(3)$$

$$G1 \Leftrightarrow G2 \Leftrightarrow G3$$

Контур  $dP(2)$   
 $dP_{1-5-6-4}$

Контур  $dP(3)$   
 $dP_{1-7-8-4}$



# Балансировка сети

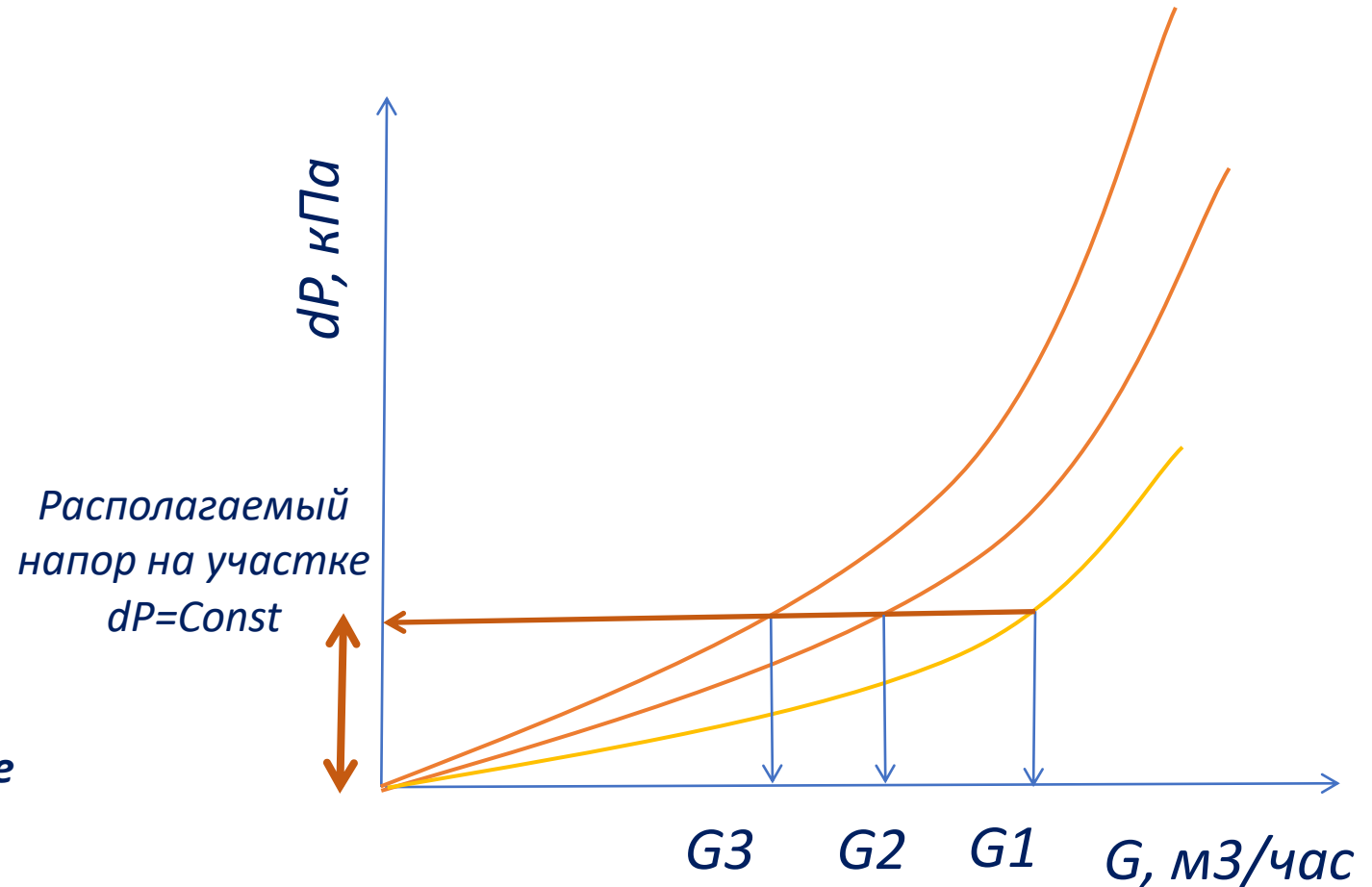
**Задача балансировки – перераспределить расходы в трубопроводах, так, чтобы они соответствовали проектным.**

**Как решается эта задача?**

**За счет изменения характеристики сети, на балансируемом участке.**

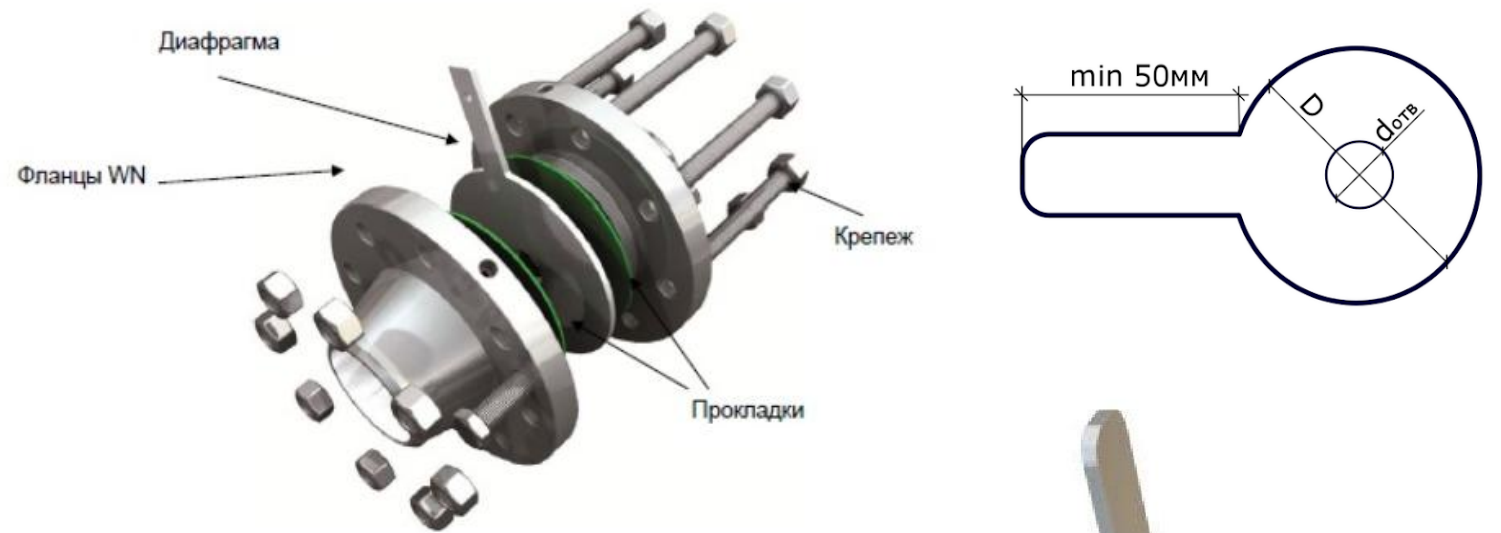
**А как решается эта задача?**

- ✓ **Вентиль**
- ✓ **Шайба (шайбирование)**
- ✓ **Диаметр и длина трубопровода (на этапе проектирования и в ЛР4)**



# Балансировка сети

## Балансировочные шайбы

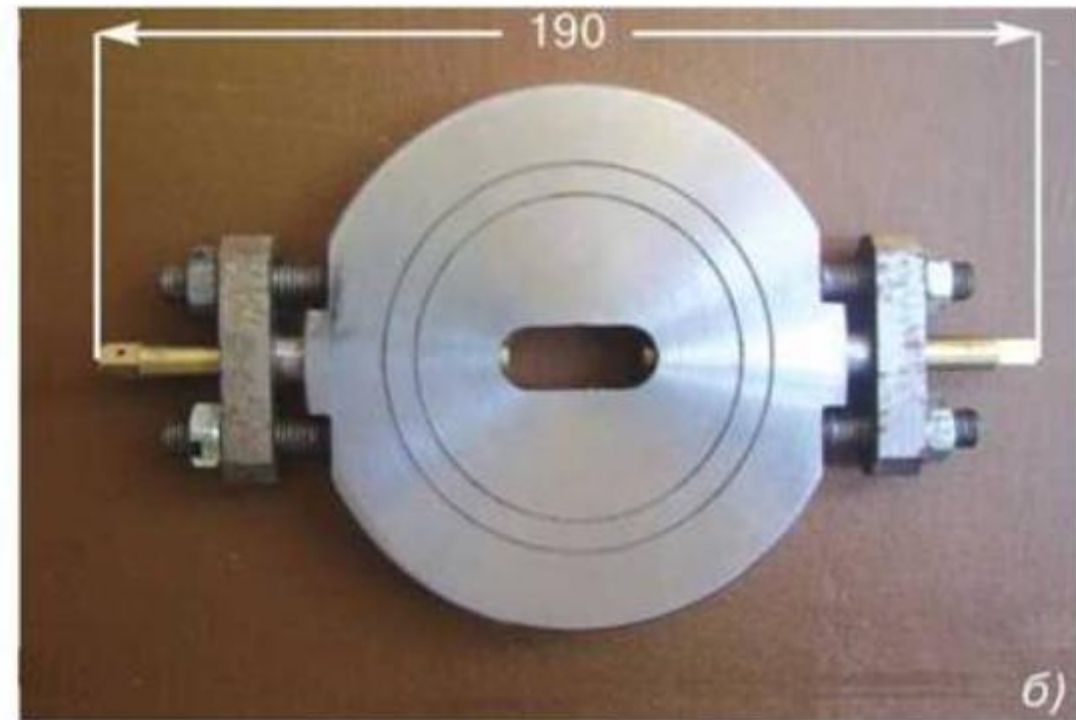
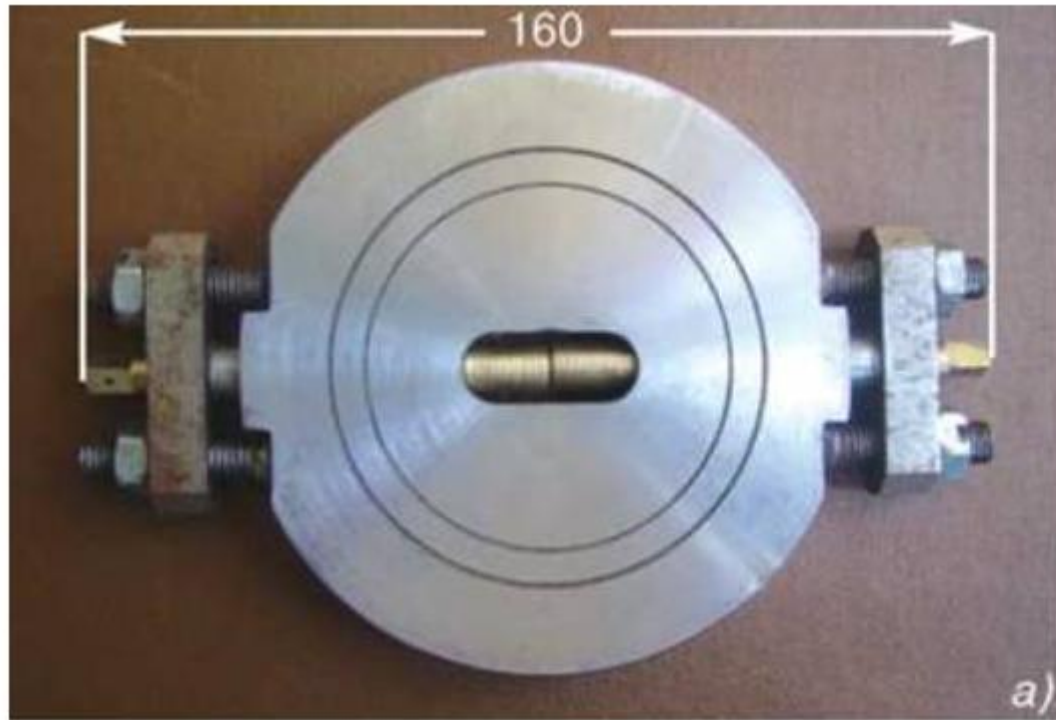


$$d_0 = 3,16 \sqrt[4]{\frac{G^2}{\Delta P}}$$

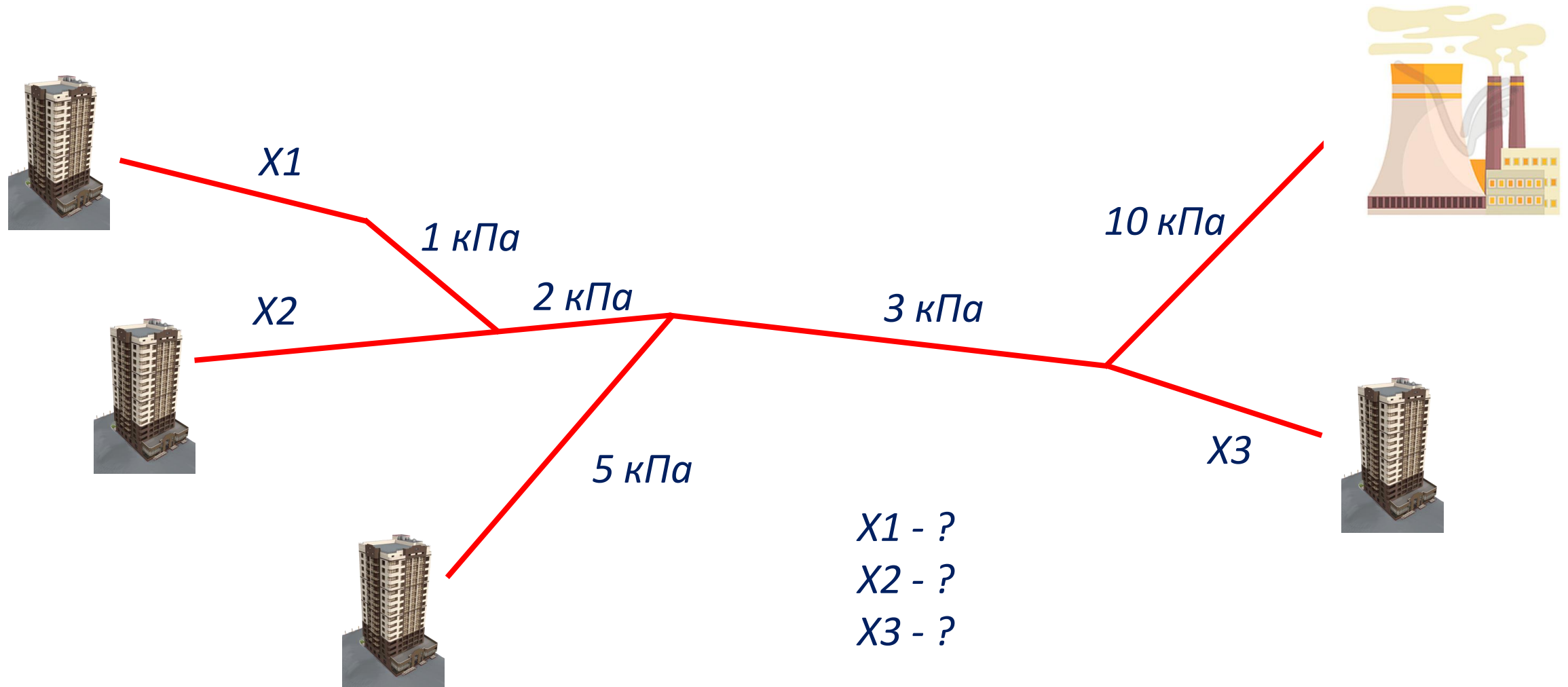


# Балансировка сети Шайбирование

## *Регулируемые дроссельные шайбы*



# Вопросы для самоконтроля



# Пьезометрический график тепловой сети

Что показывает пьезометрический график?

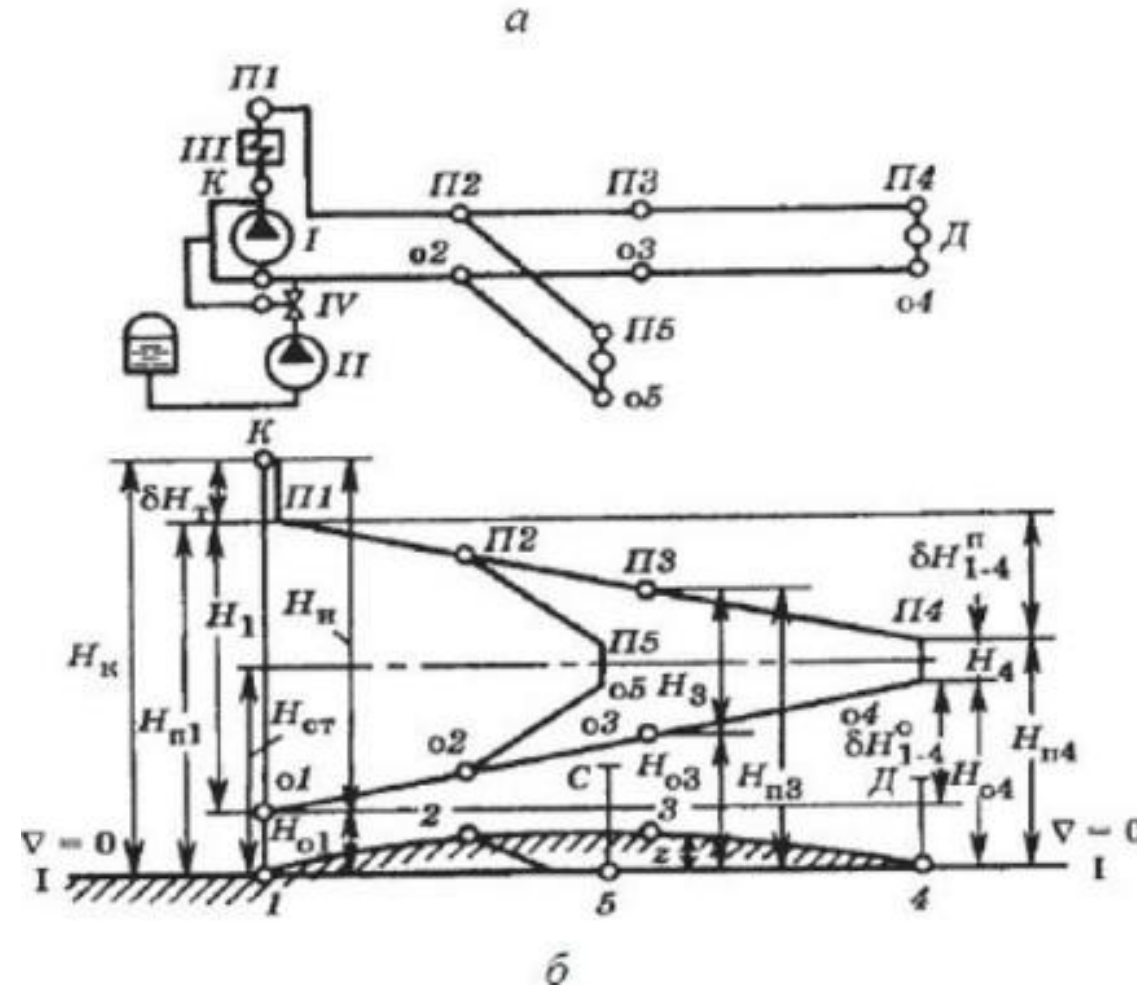
-График показывает давление (пьезометрический напор) в трубопроводах тепловой сети.

Пьезометрический график - это график падения напоров в тепловой сети, по длине трубопроводов

Требуемый напор на абоненте – напор необходимой для работы инженерных систем абонента, зависит от конструкции ИТП и схемы присоединения отопительной нагрузки

Располагаемый напор на абоненте – разница давления в подающем и обратном трубопроводе в точке подсоединения к тепловой сети

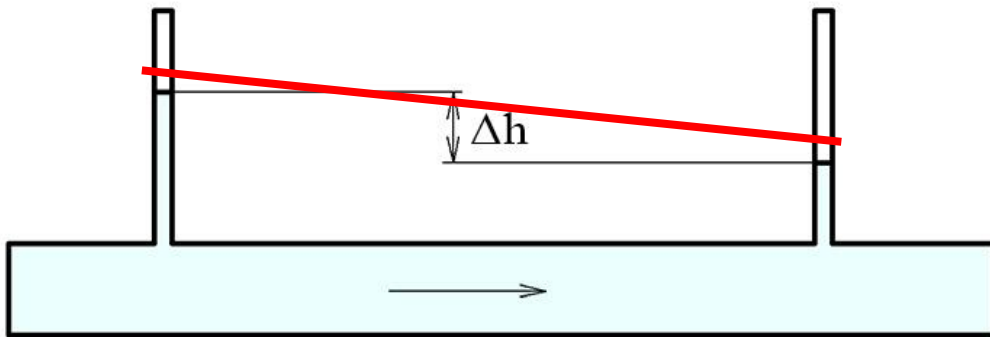
Давление (напор) откладывается в метрах, т.к. в этом случае напор не зависит от плотности сетевой, которая зависит от температуры



# Пьезометрический график тепловой сети

*Когда вода в трубопроводе не движется – это статический напор сети*

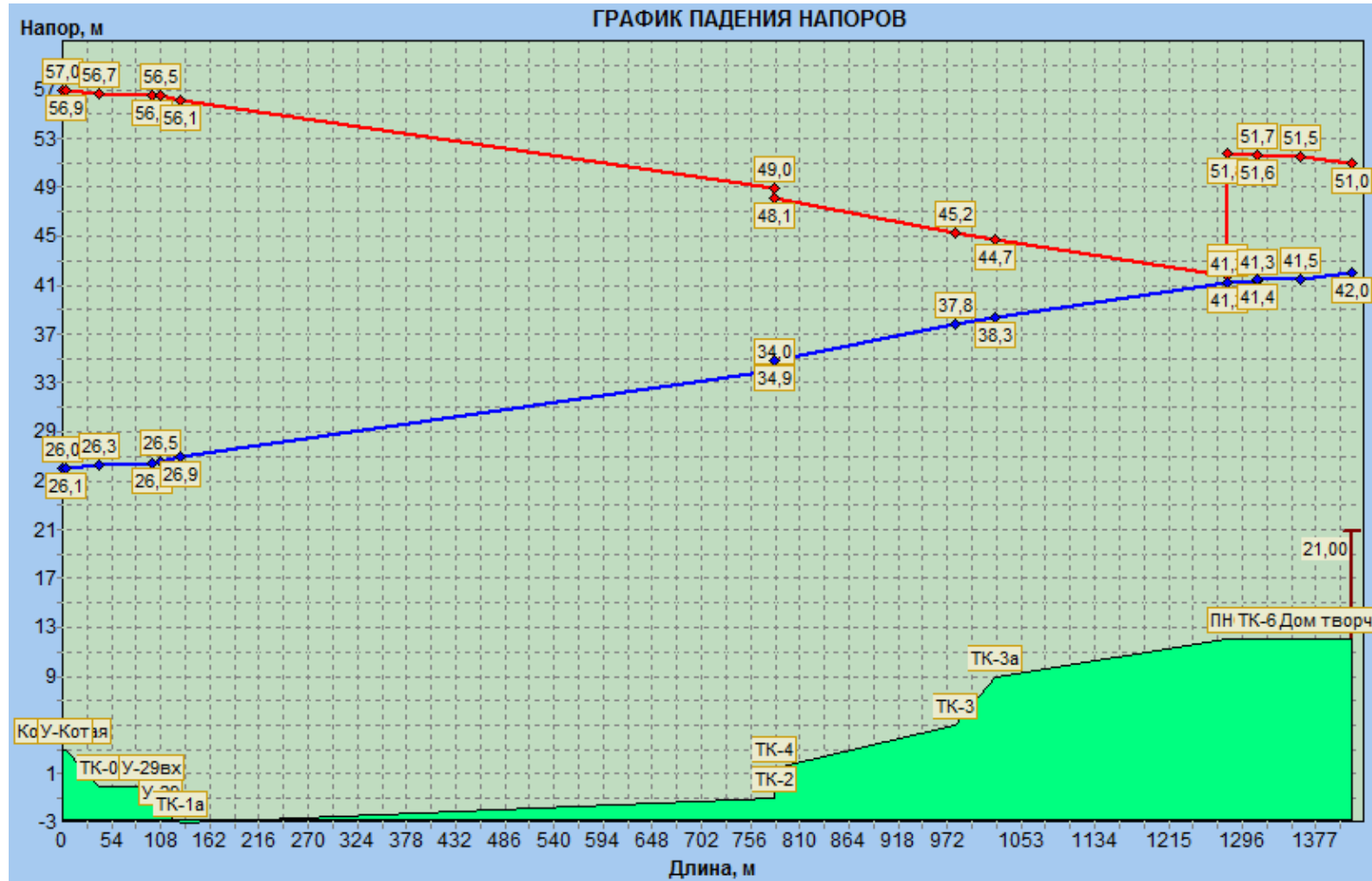
*Когда вода в трубопроводе движется – напор снижается из-за потерь на трение и местные сопротивления*



От чего зависит наклон линии пьезометров

Течение  
вязкой жидкости

# Напор на абоненте насос на подающей линии



Вот и всё

# Напор на абоненте насос на обратной линии

---