

«Использование  
энергосберегающей Pinch-  
технологии при проектировании и  
расчёте теплообменных сетей»



## ***Введение***

Изобретённая в середине 1980-х годов, Pinch - технология представляет системный подход к анализу энергетических сетей и улучшению энергосбережения промышленных процессов. Первоначальное применение Pinch технологии принесло отличные результаты – потребление энергии сократилось в среднем на 15-25%. Через несколько лет методика была опробована почти во всех отраслях промышленности.



Сегодня Pinch -технология хорошо продумана и успешно применяется в тысячах проектов во всём мире каждый раз, когда требуется создать тепловую сеть с минимальным расходом энергии.

*Pinch -технология использует графические изображения энергетических потоков процесса, и использование потоков, определяющие минимальные энергетические затраты.*

*В технике для характеристики горячих и холодных тепловых потоков используются диаграммы "температура-энтальпия".*

*Сумма горячих и холодных потоков может быть изображена на такой же диаграмме, из которой можно определить минимальную температурную разность.*



Кривые отображают поток энергии внутри аппарата. Верхняя кривая, характеризующая горячий поток – это сумма всего доступного тепла процесса в аппарате. Оно может быть передано другому потоку или направлено на холодное потребление, например передать тепло холодной воде. Нижняя кривая характеризует холодный поток и также представляет сумму всех теплот, требующихся процессу. Этот поток может быть нагрет другими способами (в теплообменнике или может пойти на горячее потребление, например, в печь). Проблема восстановления тепла включает в себя горячий и холодный потоки и может быть решена с использованием диаграммы “ температура-количество теплоты”.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ «Pinch –технологии»

1. «Pinch –анализ» направлен на решение задачи минимизации потребления энергии системы путем оптимизации процессов рекуперации тепла, методов подвода энергии и условий эксплуатации.

2. Согласно основному уравнению теплопередачи поверхность теплообмена равна

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{CP}}$$

Стремиться  $\Delta t_{CP}$  создать как можно меньше.

Тогда ~~S~~ возрастает.

Увеличиваются капитальные затраты.

Но происходит экономия эксплуатационных затрат – *затрат энергии.*

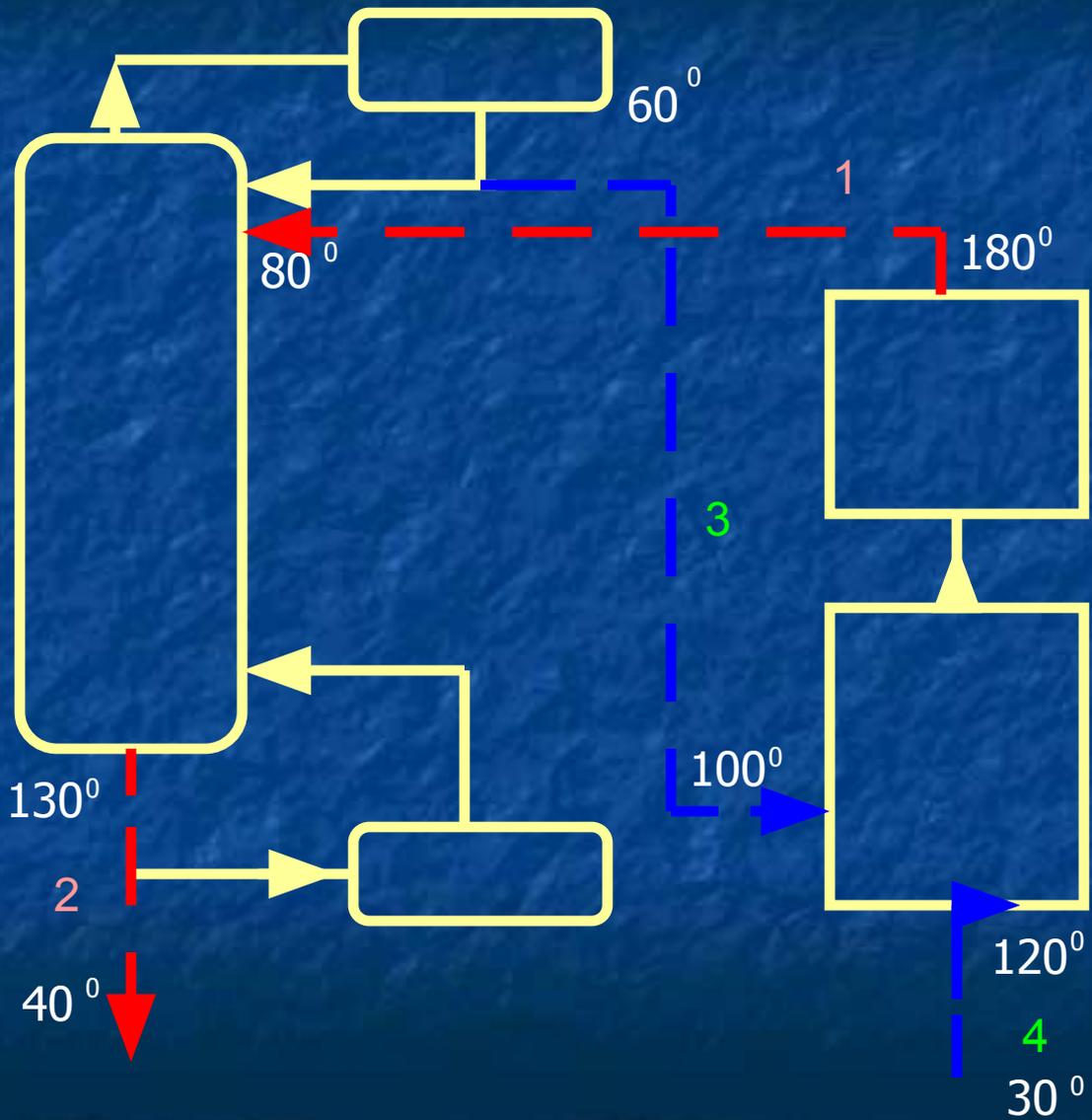
*Происходит постоянная экономия энергии.*

## Пример использования энергосберегающей Pinch-технологии при проектировании и расчёте теплообменных сетей

- Рассчитать и спроектировать теплообменную сеть, используя энергосберегающую Pinch-технологию.

Минимальная разность температур  $\Delta t_{\text{мин}} = 10 \text{ C}$ .

- Определить:
  1. Место положения Pinch;
  2. Горячее потребление теплоты;
  3. Холодное потребление теплоты;
  4. Необходимое число теплообменников и их тепловые нагрузки.



# Исходные данные для расчёта

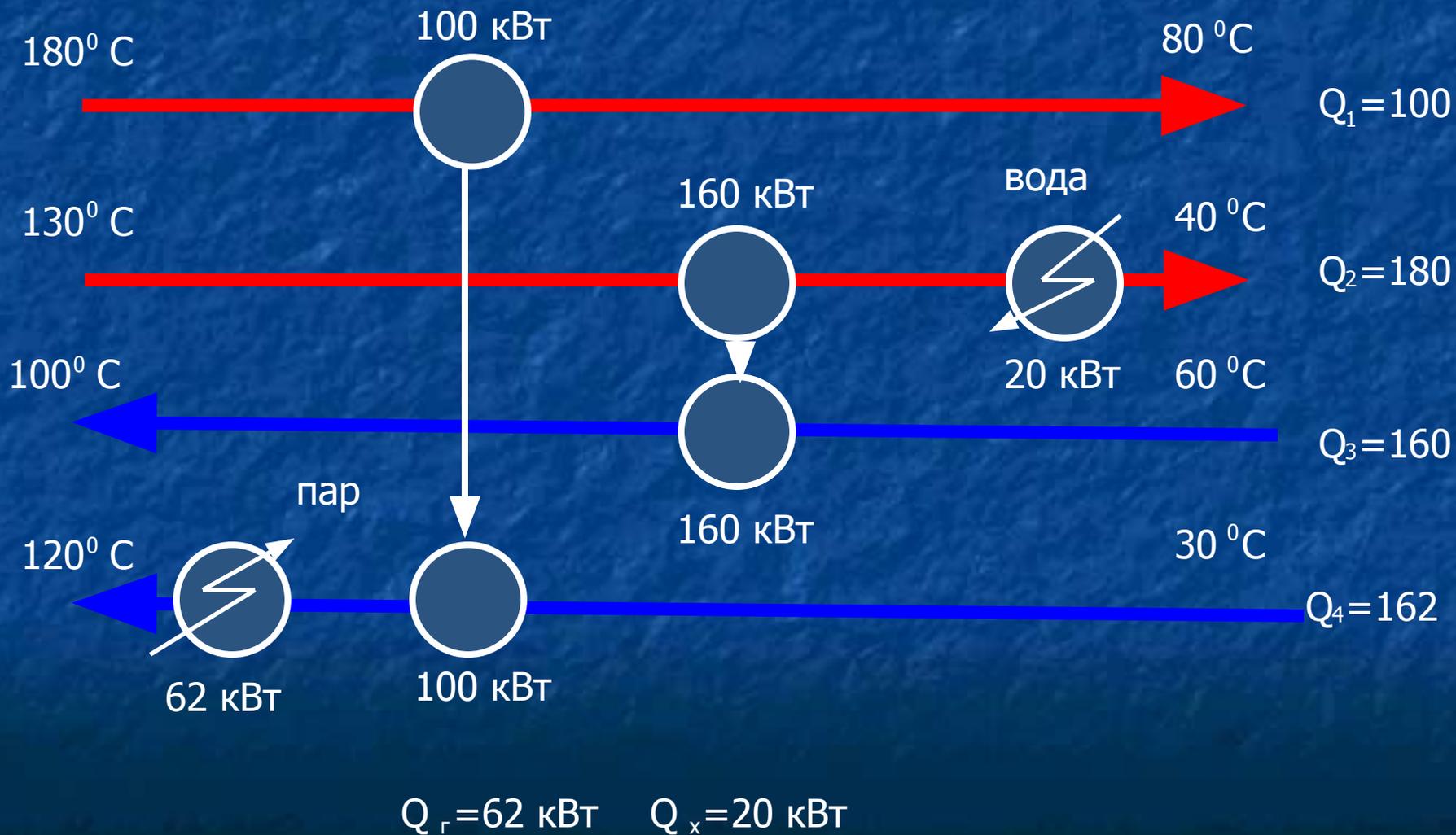
№ по то ка	Наимено в ание потока	Началь ная темпер атура $t_n$ С	Конечн ая темпер атура $t_k$ С	Массов ый расход потока $G$ , кг/с	Теплое мкость $c$ , кДж/ (кг · К)	$G \cdot c$ кВт/ К	Теплота $Q$ , кВт	
1	Горячий	180	80	0,5	2,0	1,0	100	280
2	Горячий	130	40	1,0	2,0	2,0	180	
3	Холодный	60	100	2,0	2,0	4,0	160	322
4	Холодный	30	120	1.0	1,8	1,8	162	

- ❖ Тепло, которое отдают горячие потоки определяются по формуле:

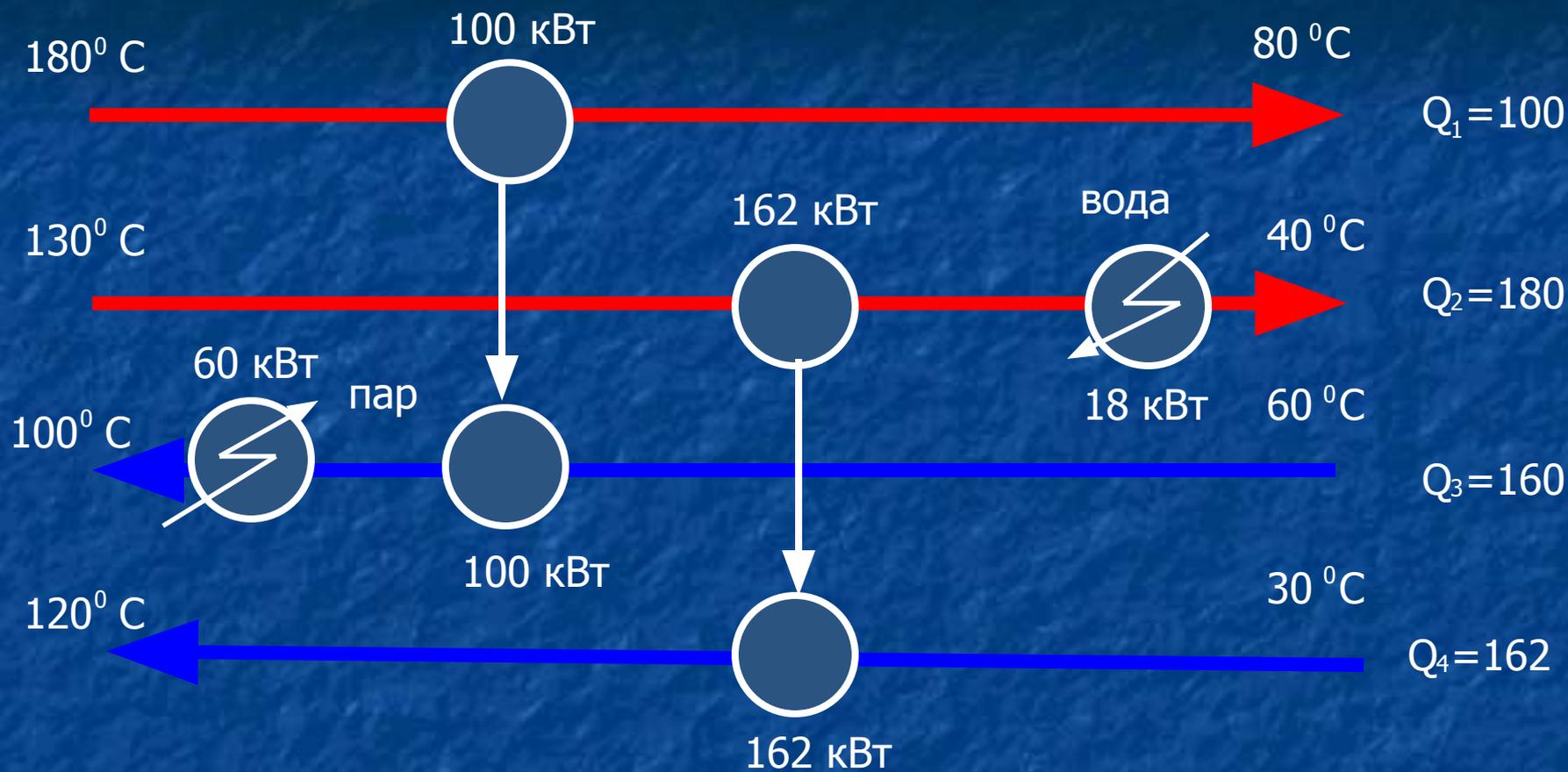
$$Q_i = G_i \cdot c_i \cdot (t_{нi} - t_{ки})$$

- ❖ Тепло, которое потребляют холодные потоки вычисляется по формуле:

$$Q_i = G_i \cdot c_i \cdot (t_{ки} - t_{ни})$$

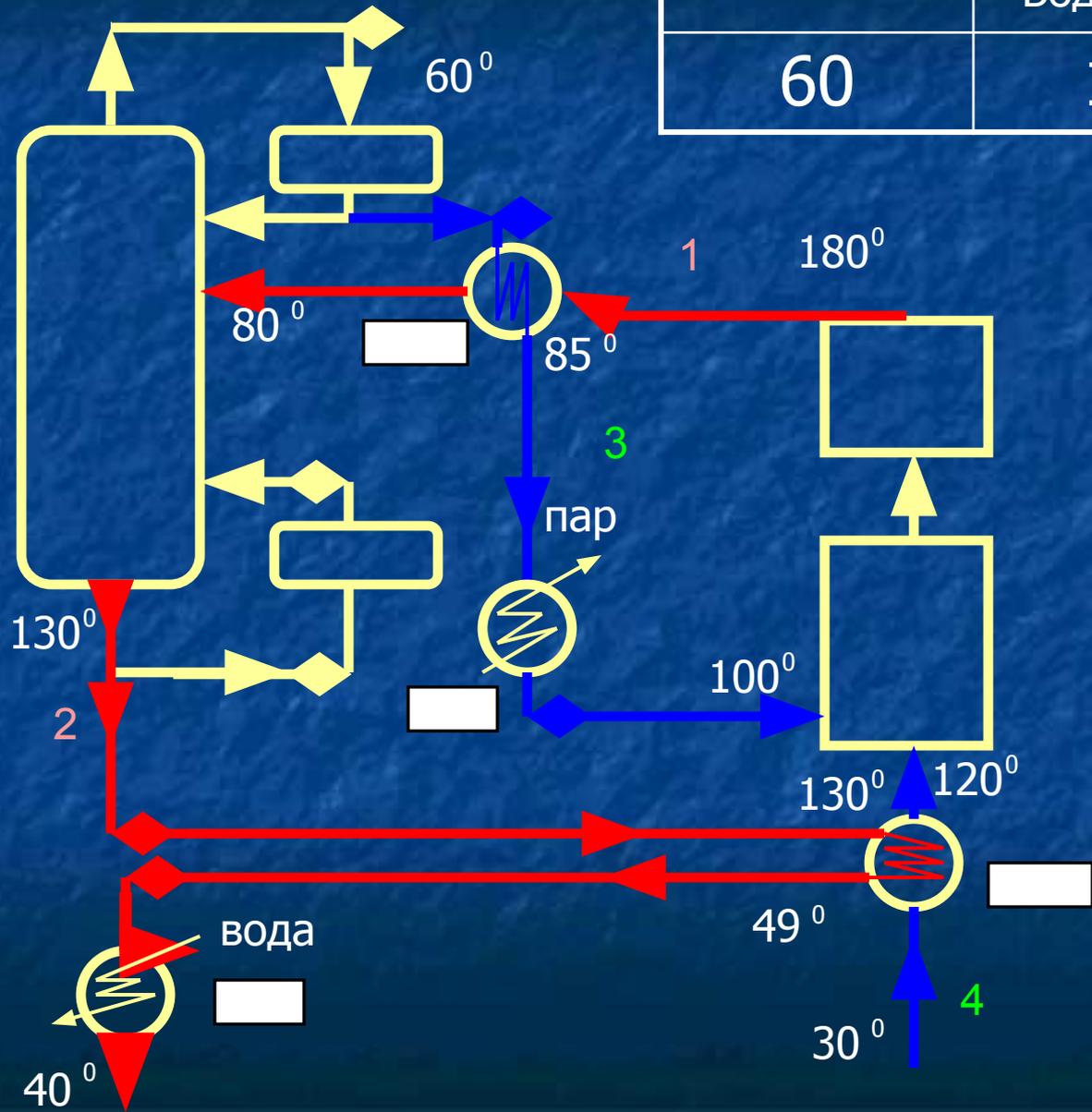


## 2 Способ

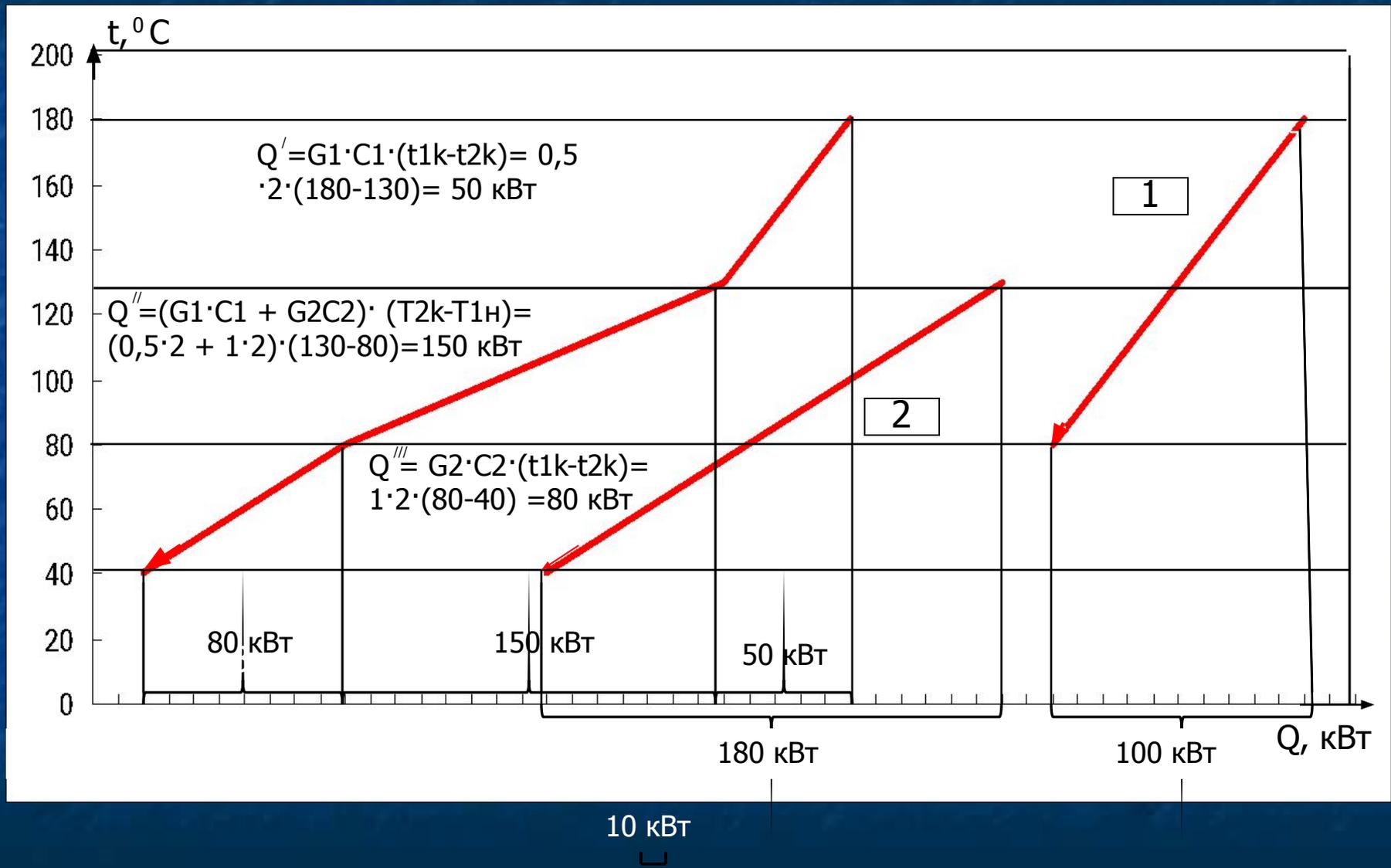


$$Q_r = 60 \text{ кВт} \quad Q_x = 18 \text{ кВт}$$

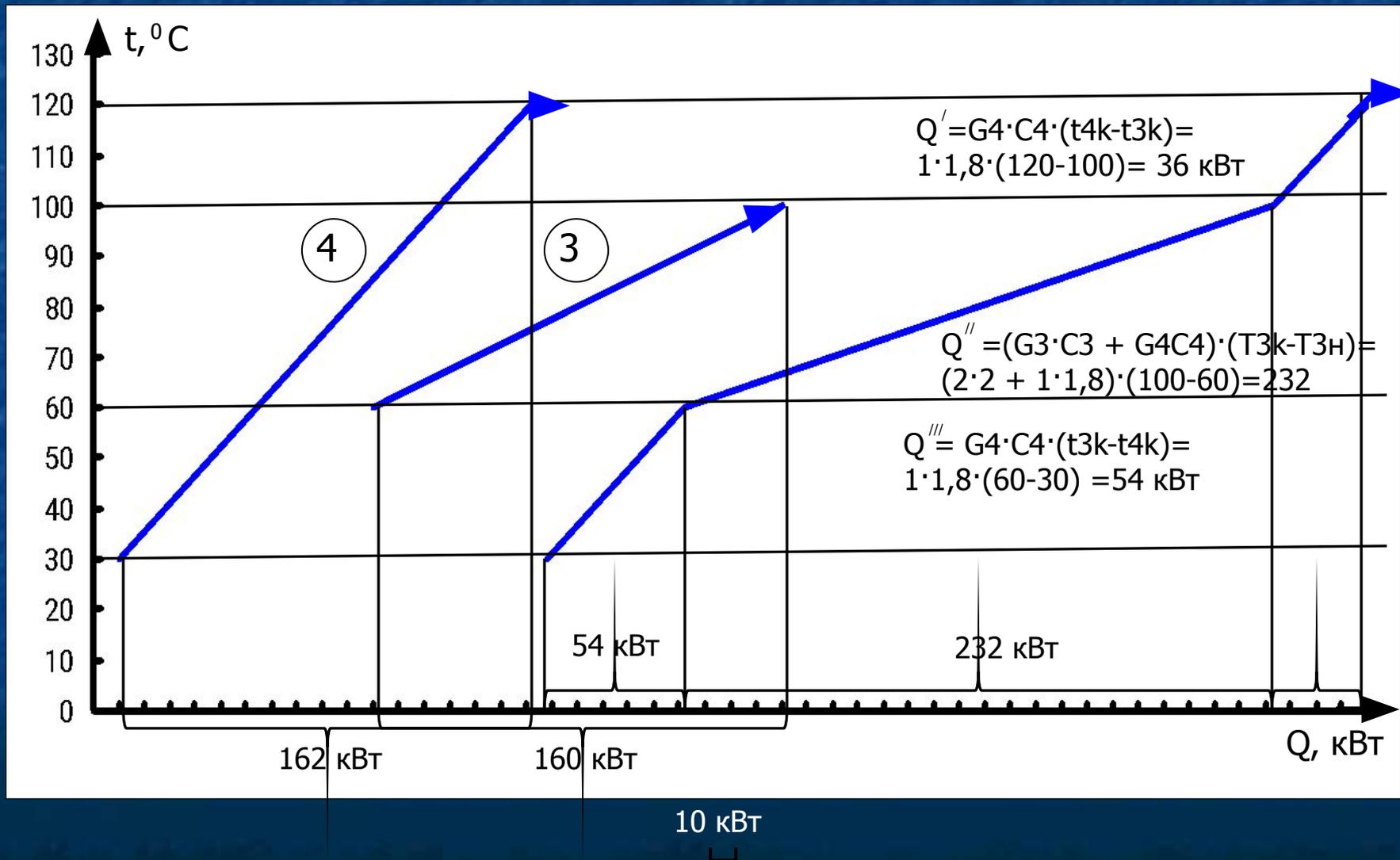
Пар, кВт	Холодная Вода, кВт	Количество тепло-ов
60	18	4

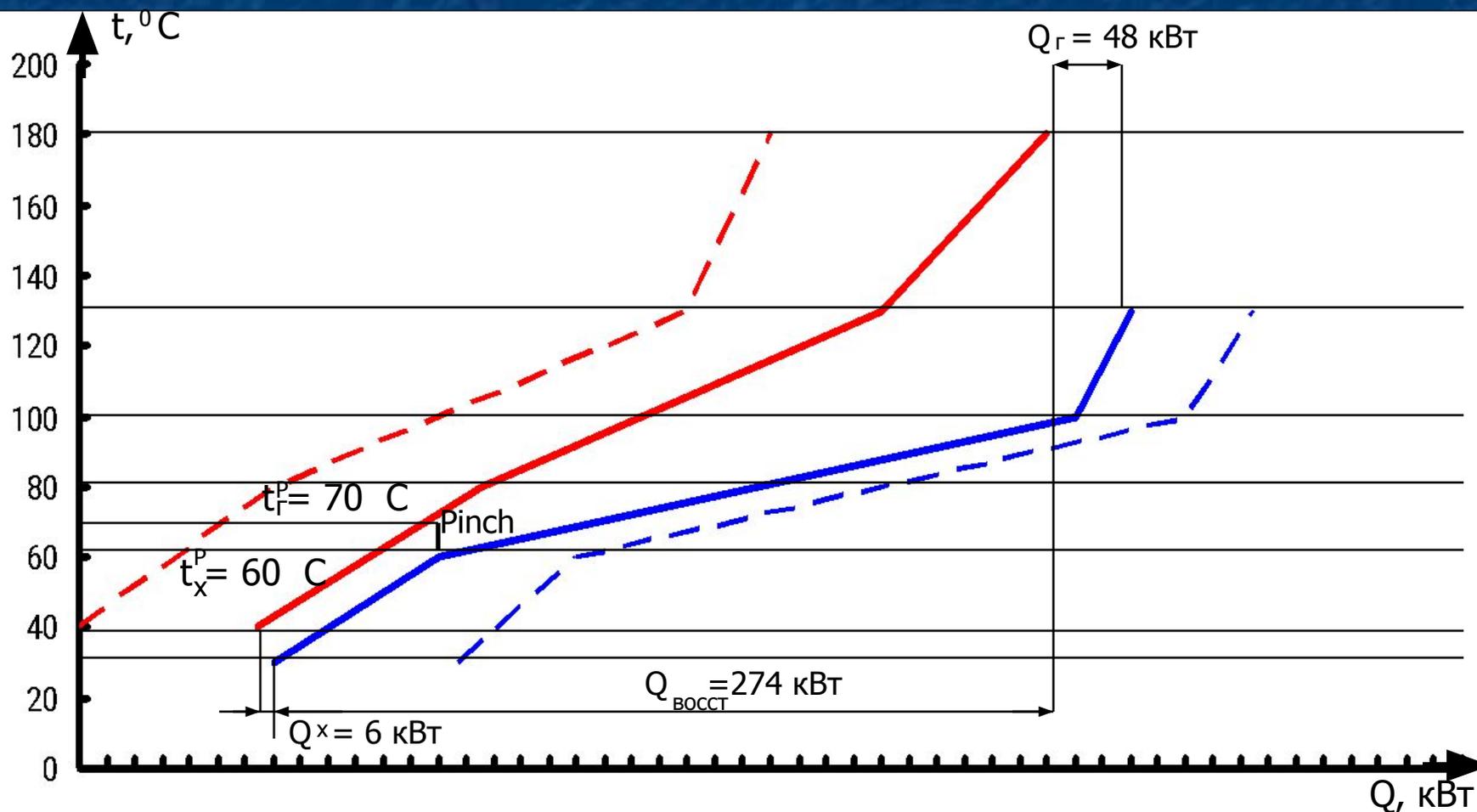


# Изображение горячих потоков на $t - Q$ диаграмме и построение КОМПОЗИТНОЙ ЛИНИИ



# Изображение холодных потоков $t - Q$ диаграмме и построение КОМПОЗИТНОЙ ЛИНИИ

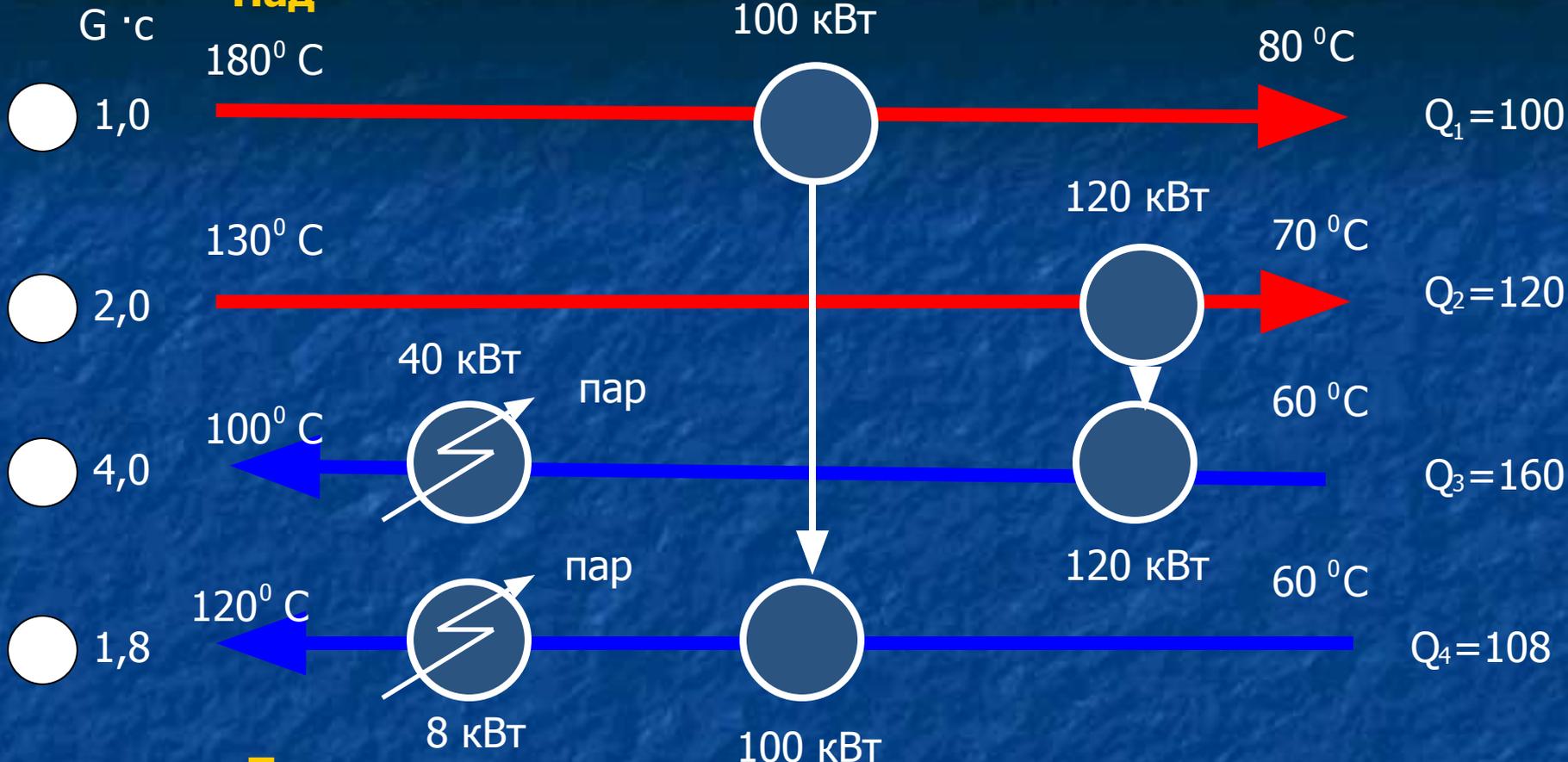




10 kBT

- Потоки над Pinch и под Pinch рассматриваются отдельно.
  
- 3 золотых правила Pinch-технологии:
  1. *Нельзя устанавливать холодильники в системе над Pinch.*
  2. *Нельзя устанавливать нагреватели в системе под Pinch.*
  3. *Нельзя передавать тепло через Pinch.*

**Над**

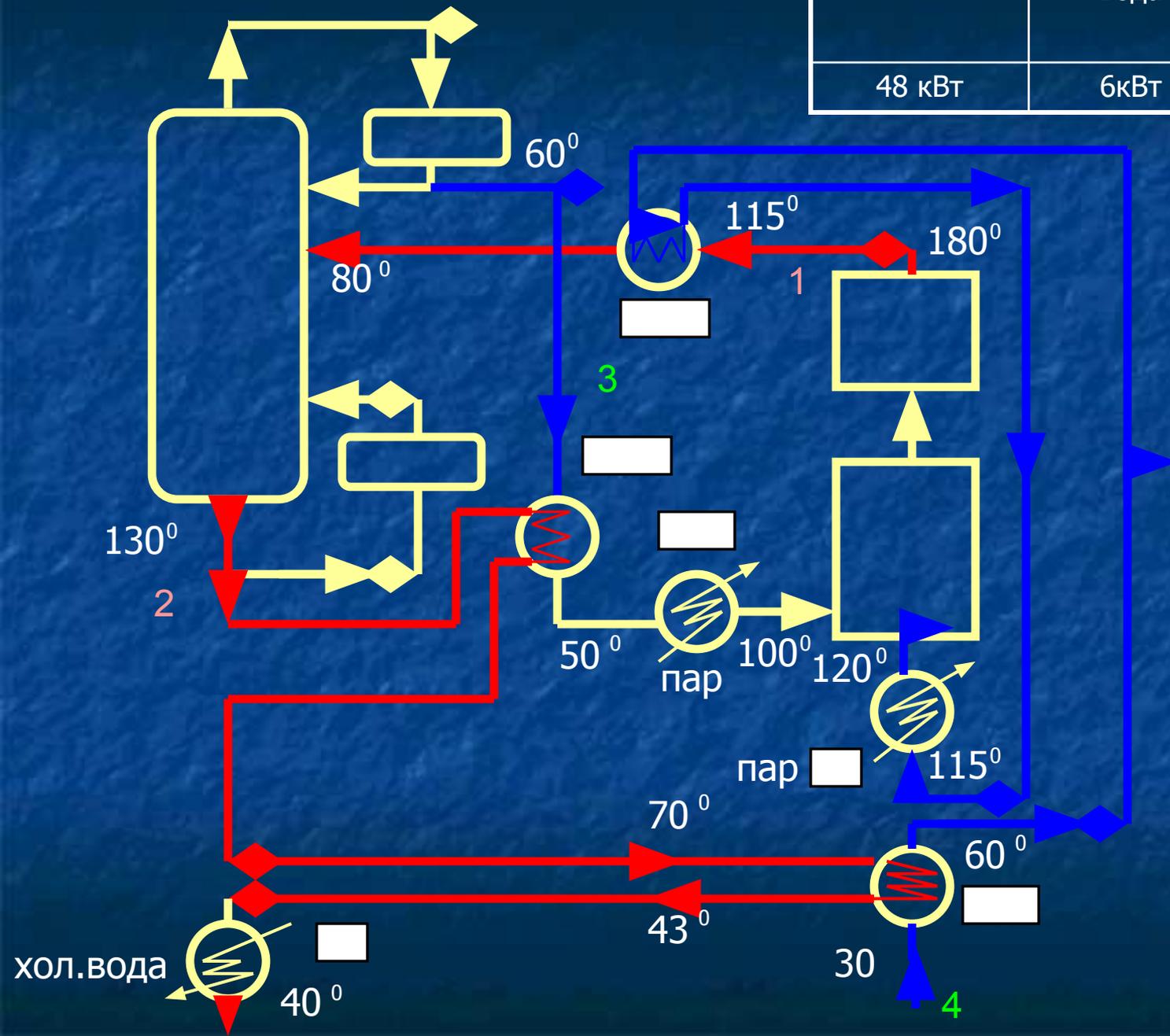


**Под**

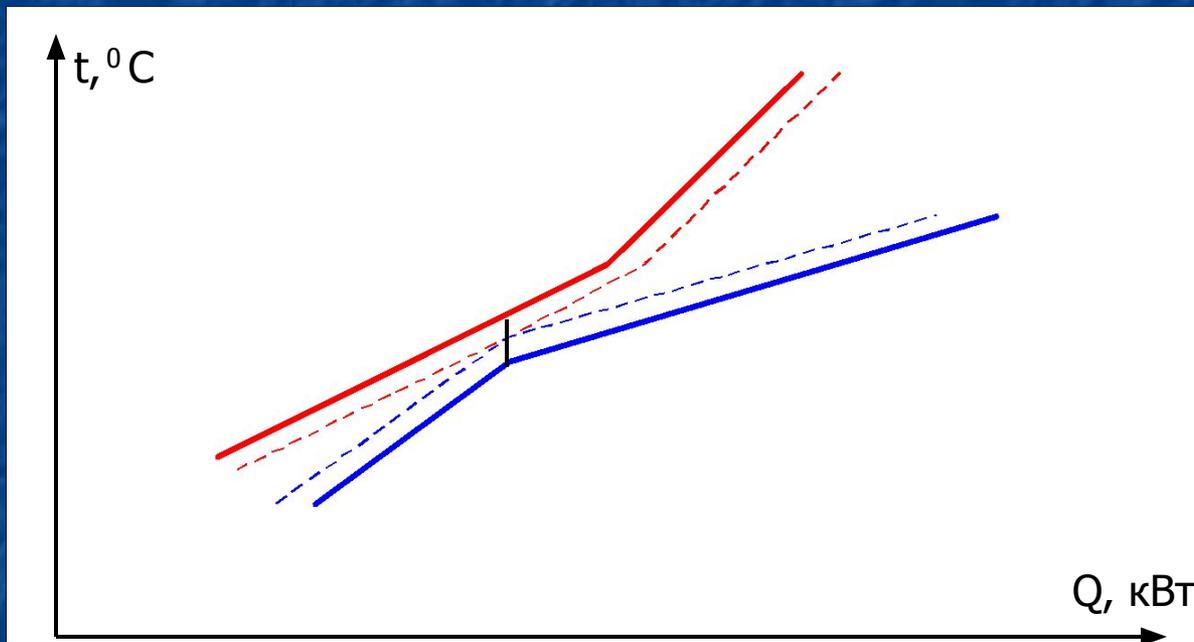


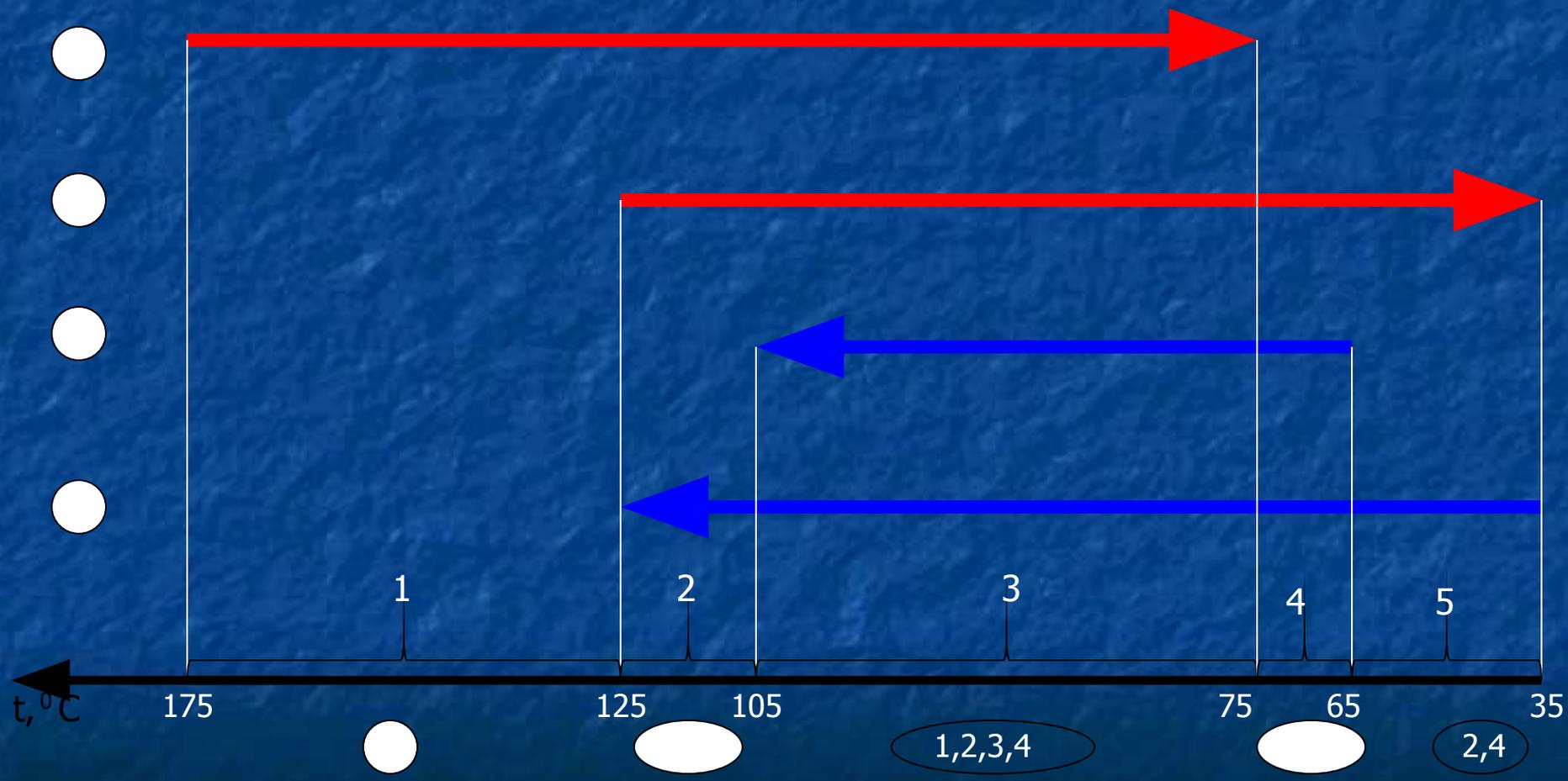
- Совмещаем сеть теплообменников над и под Pinch в одну

Пар	Холодная вода	Количество тепло-ов
48 кВт	6кВт	6

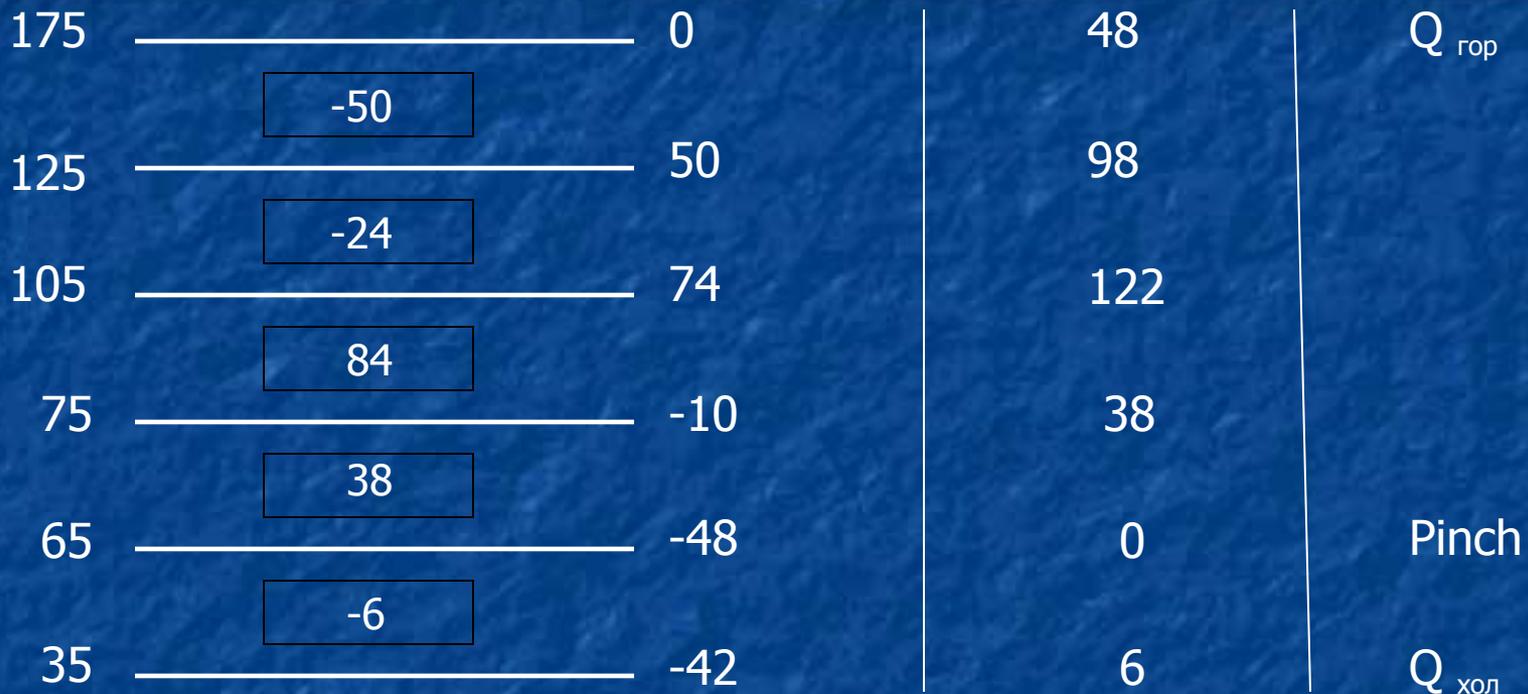


- Табличный способ определения места положения Pinch, а также горячего и холодного потребления.





№ интервала	Интервал температур	Потоки	$\Sigma(G_x \cdot c_x) - \Sigma(G_r \cdot c_r)$	Теплота $\Delta Q$ , кВт
1	175-125	1	-1,0	-50
2	125-105	1, 2, 4	-1,2	-24
3	105-75	1, 2, 3, 4	2,8	84
4	75-65	2, 3, 4	3,8	38
5	65-35	2, 4	-0,2	-6



$$t_r^p = 65 + (\Delta t_{min})/2 = 70 \text{ C}^0$$

$$t_x^p = 65 - (\Delta t_{min})/2 = 60 \text{ C}^0$$

- ❖ Тепло, которое отдают горячие потоки определяются по формуле:

$$Q_i = G_i \cdot c_i \cdot (t_{нi} - t_{ки})$$

- ❖ Тепло, которое потребляют холодные потоки вычисляется по формуле:

$$Q_i = G_i \cdot c_i \cdot (t_{ки} - t_{ни})$$

N	П	$t_{\text{кон}}$	$t_{\text{нач}}$	$G, \text{ кг/с}$	$c, \text{ кДж/кг}\cdot\text{с}$	$G\cdot c, \text{ кВт/К}$	$Q, \text{ кВт}$
1	гор	180	80	0,5	2	1,0	100
2	гор	130	40	1	2	2,0	180
3	хол	60	100	2	2	4,0	160
4	хол	30	120	1	1,8	1,8	162

280

322