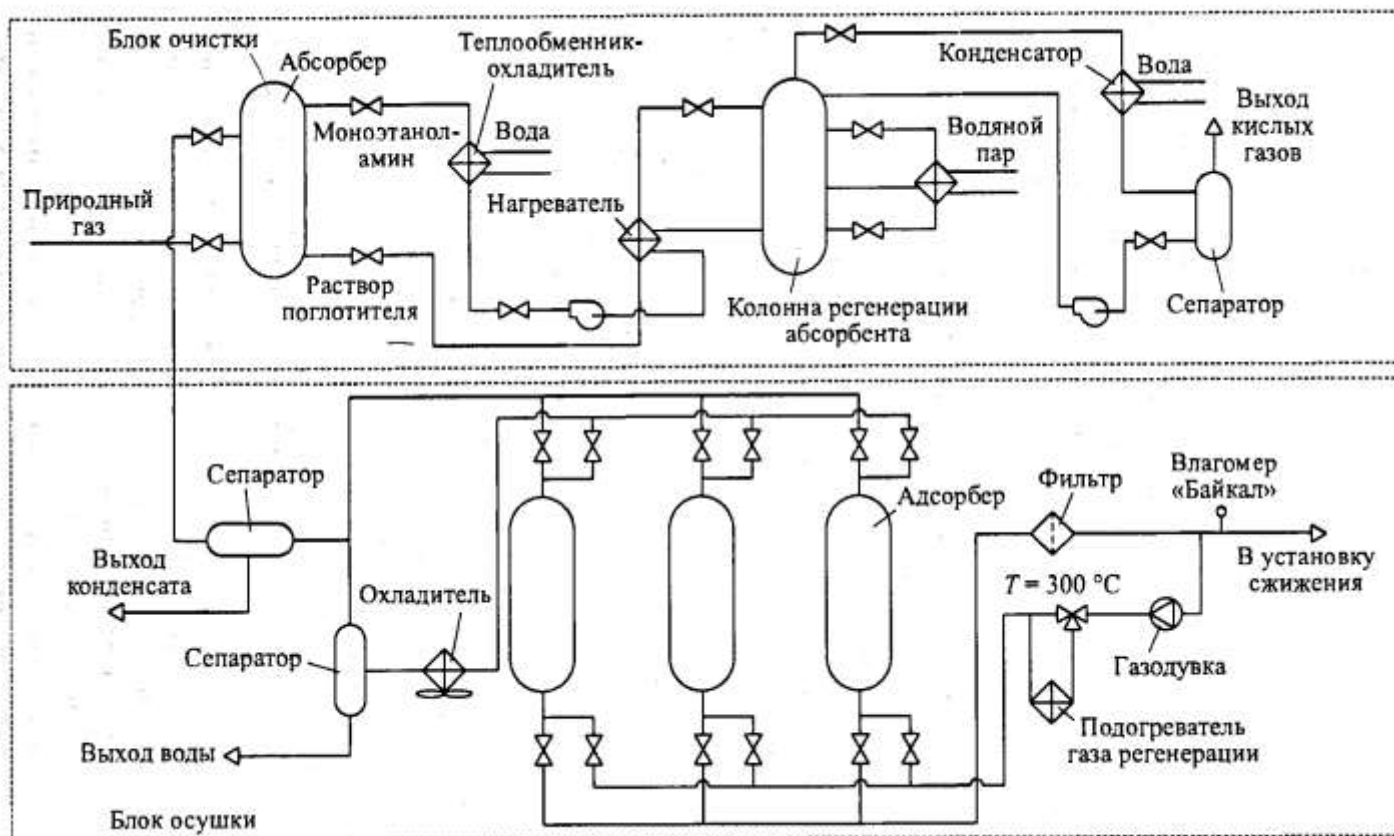


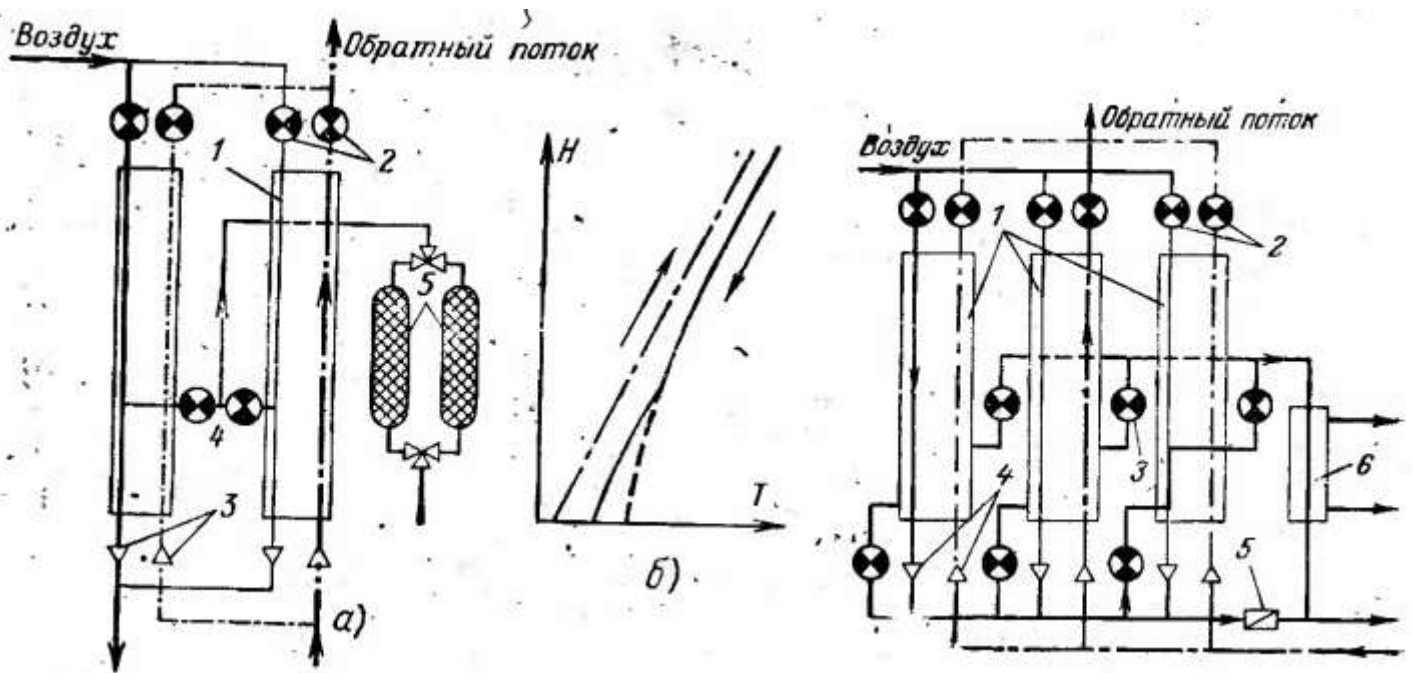
# Очистка

1. Механическая
2. Химическая и Сорбционная:

- От  $\text{H}_2\text{O}$
- От  $\text{CO}_2$
- От  $\text{H}_2\text{S}$



## Принципиальная схема очистки природного газа моноэталаминами и его адсорбционной осушки



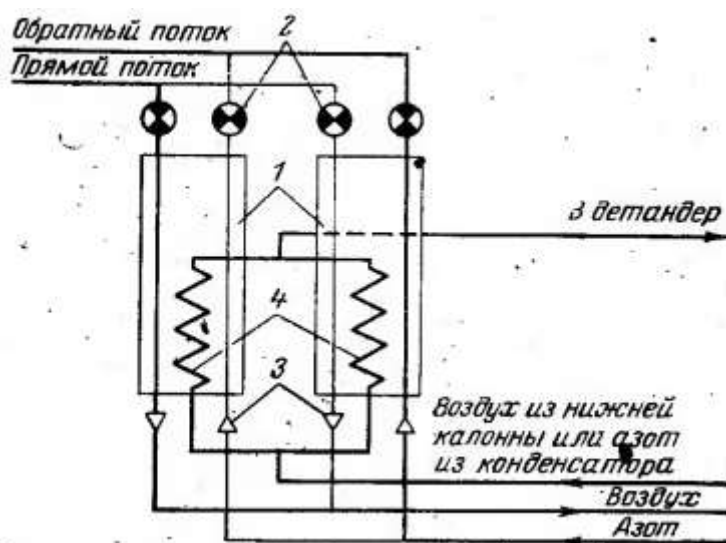
### а) Регенераторы с отбором в средней части

1.- регенераторы, 2. - принудительные клапаны, 3. - автоматические клапаны, 4. – клапаны подачи воздуха в адсорбер, 5. - адсорберы

### б) Температура от высоты

### в) Регенераторы с отбором в средней части

1.- регенераторы, 2. - принудительные клапаны, 3. – клапаны «петлевого» потока воздуха, 4. - автоматические клапаны, 5. - регулятор, 6. - теплообменник



### Схема включения регенераторов с непрерывной подачей петлевого потока

1. регенераторы с насыпной насадкой,  
2. принудительные клапаны,  
3. автоматические клапаны,



## Насосные агрегаты

Центробежные с вакуумной изоляцией

НкпГЗ – 100/80

НкпГ- насос криогенного продукта герметичный

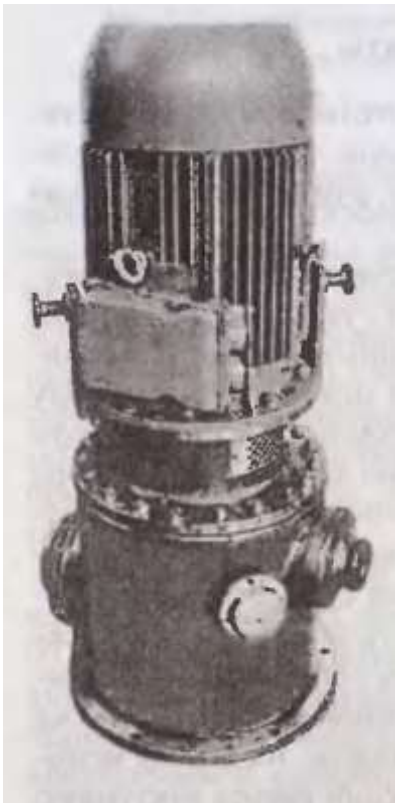
З- под криогенную изоляцию

100 – подача, м<sup>3</sup>/ч

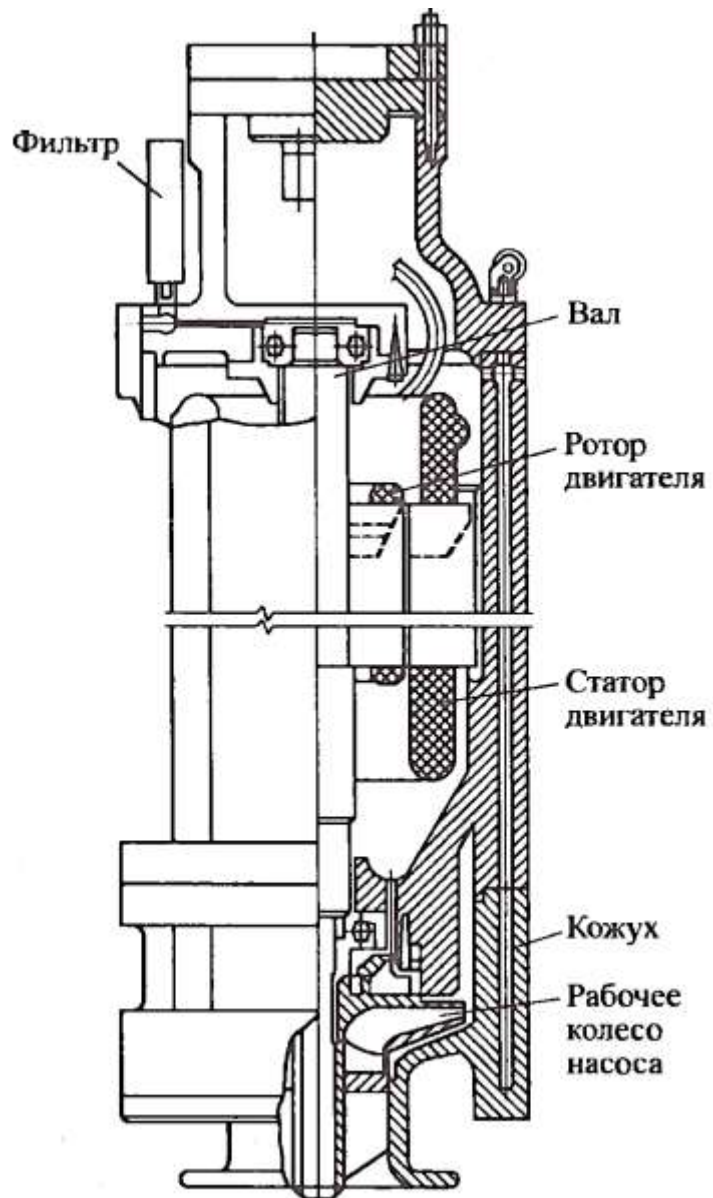
80 – номинальный напор, м

Обороты примерно 3000 в минуту

- Герметичный асинхронный двигатель
- Дополнительный двигатель с вентилятором охлаждения
- Удлиненного вала двигатель-насос



Погружной насос для СПГ  
Для откачки из магистрали  
с целью охлаждения



## Теплообменники

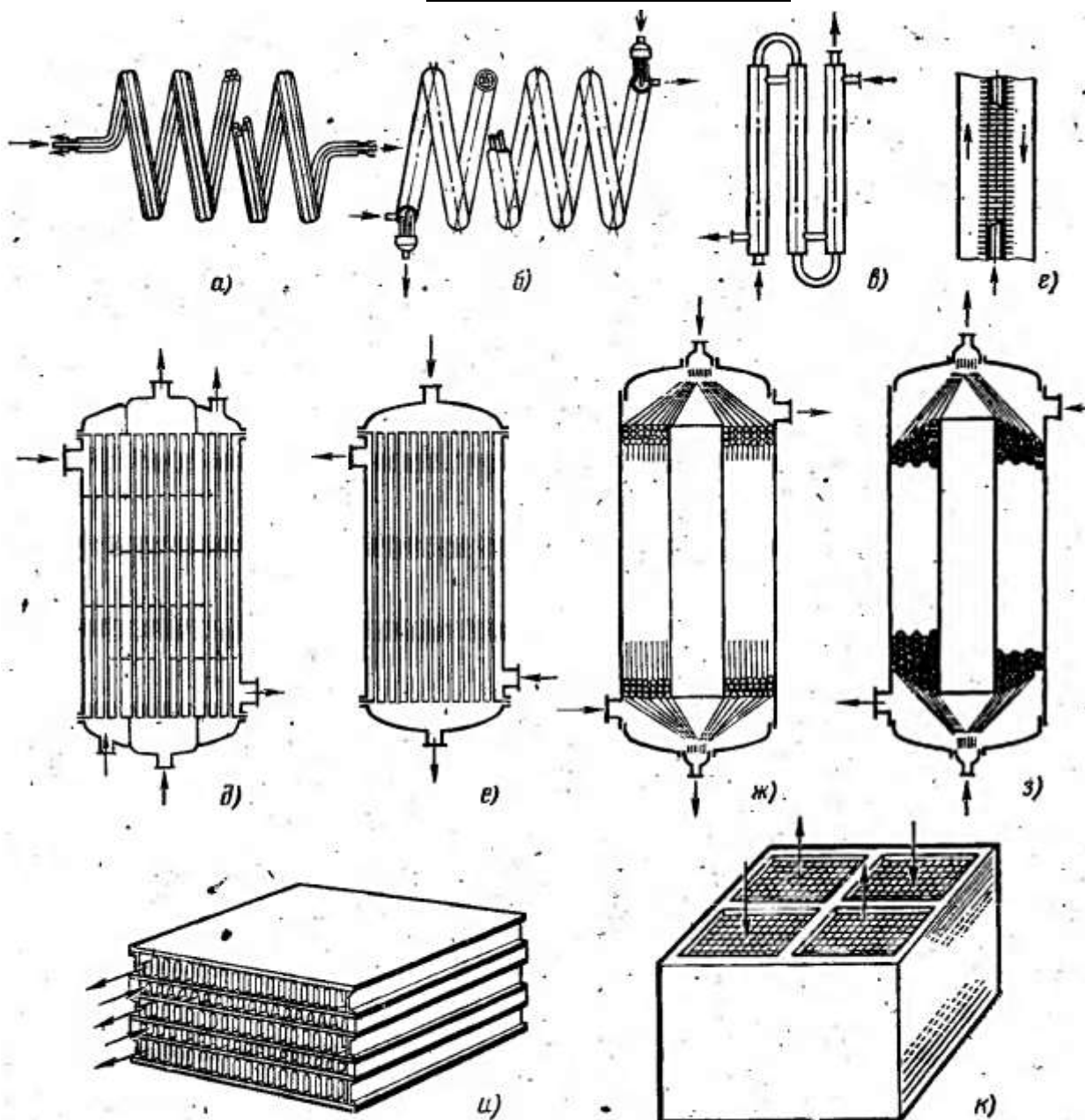
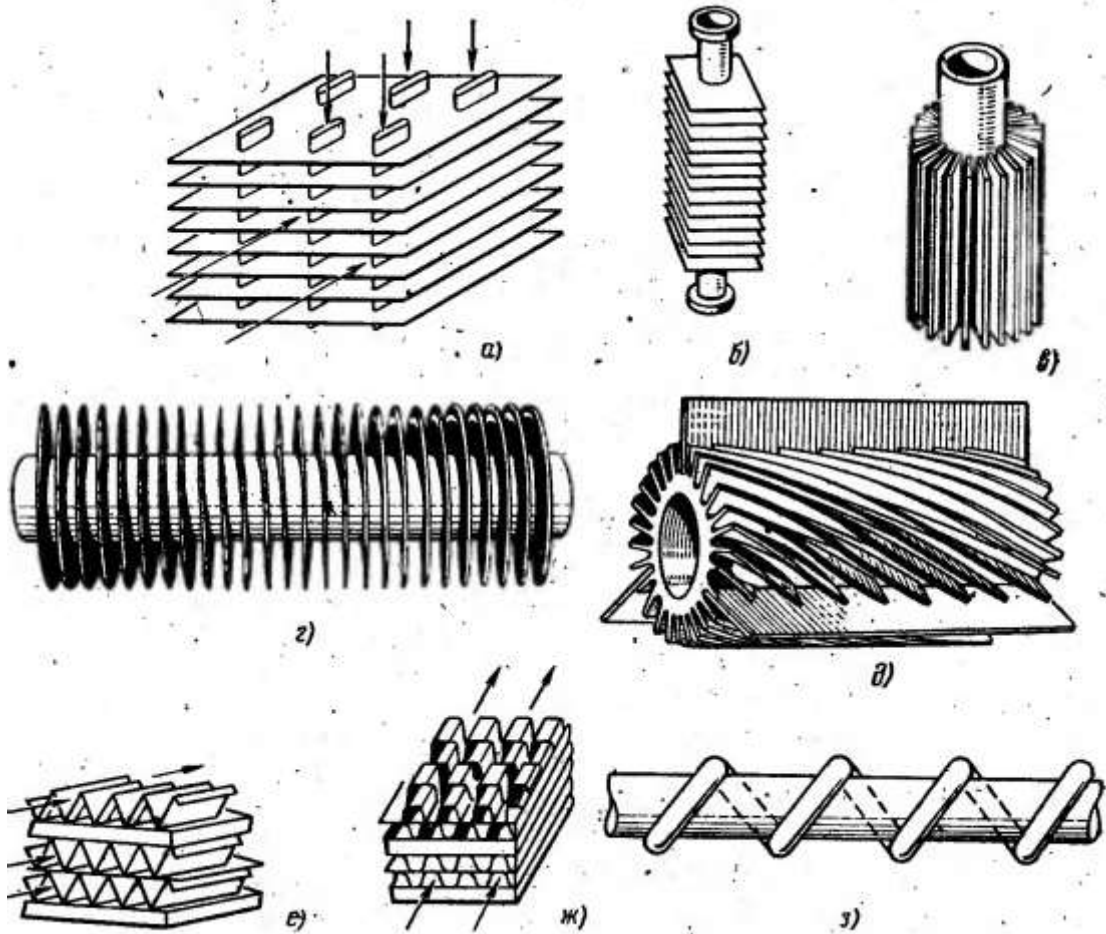


Рис. 2.1. Принципиальные схемы теплообменников.

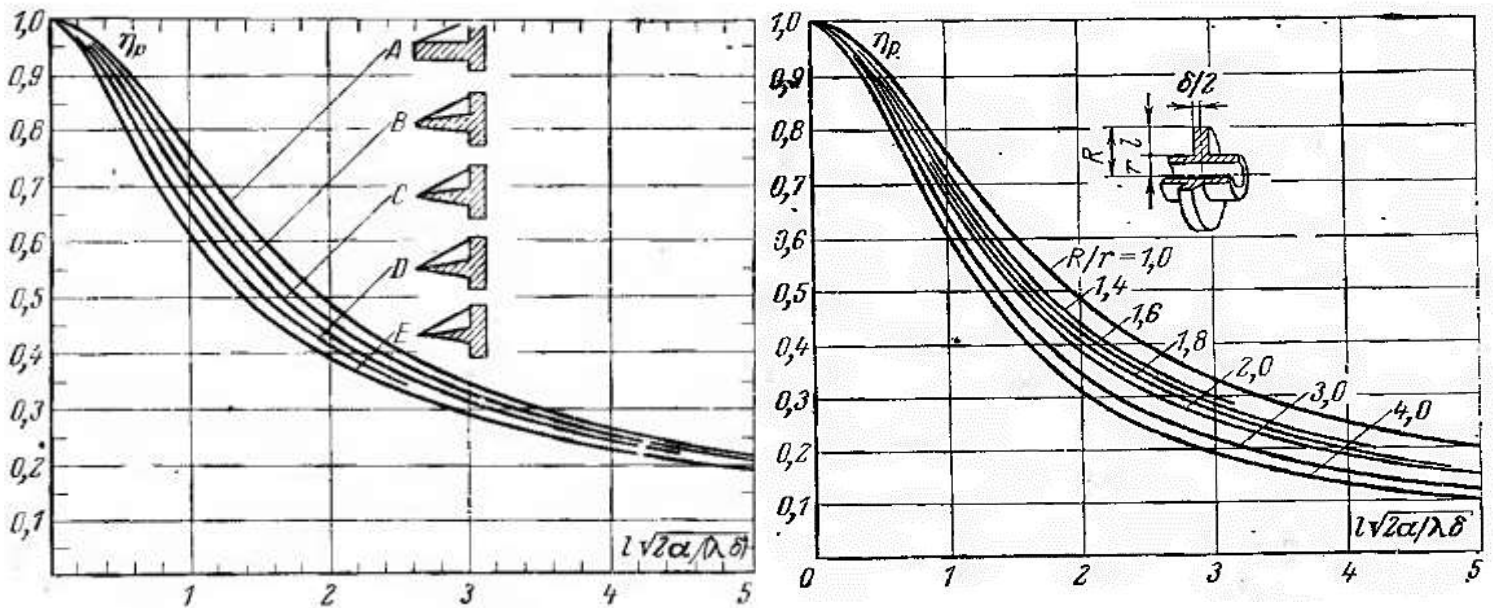
*а* — из спаянных гладких трубок; *б* — змеевиковый; *в* — типа «труба в трубе»; *г* — из ребренных трубок; *д* — кожухотрубный двухсекционный с прямыми трубками и поперечными перегородками; *е* — кожухотрубный односекционный с прямыми трубками; *ж* — поперечноточный витой из гладких трубок; *з* — поперечноточный витой из ребристых трубок; *и* — пластинчато-ребристый; *к* — сетчатый.

- а) прамоточные;**
- б) противоточные;**
- в) с однократным перекрестным током;**
- г) с многократным перекрестным током;**
- д) со сложной схемой движения потоков.**

# Способы оребрения труб.

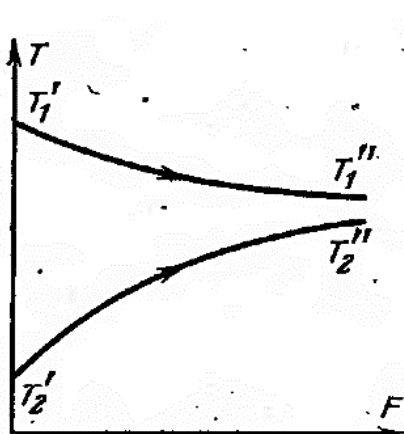


*a* — пучок из плоских трубок с общими ребрами; *b* — трубка с оребрением прямоугольными шайбами; *c* — трубка с продольными ребрами; *d* — трубка с круглыми ребрами; *e* — трубка с многозаходными спиральными ребрами; *e, ж* — элементы пластинчато-ребристых теплообменников; *z* — трубка с проволочным оребрением.

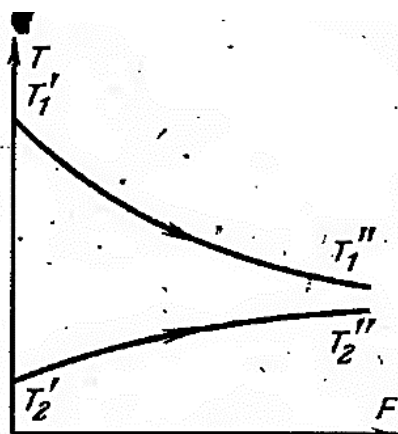


$$lm = l \sqrt{2\alpha / (\lambda\delta)}$$

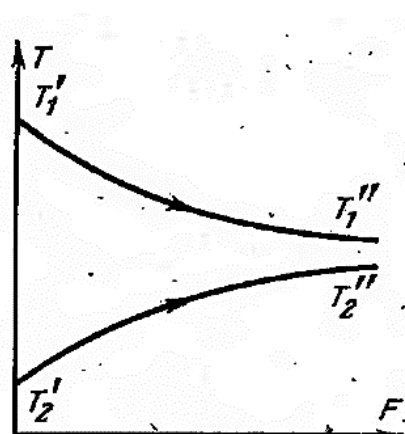
# Какие?



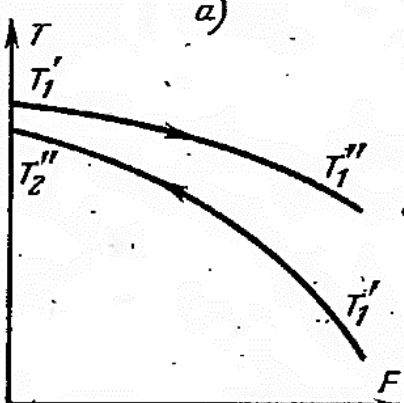
a)



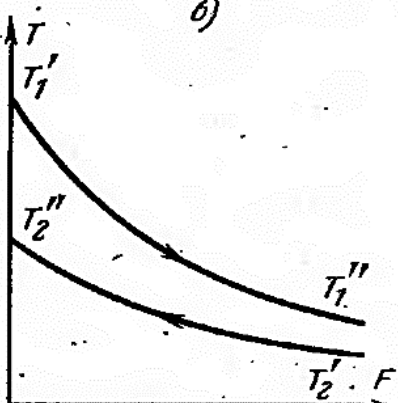
б)



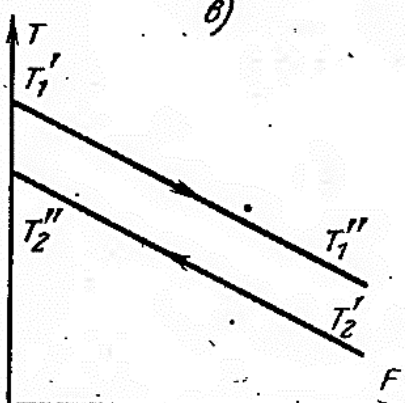
в)



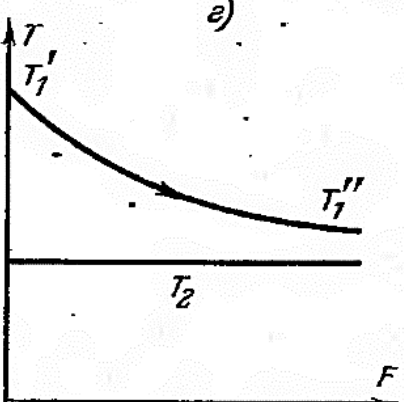
г)



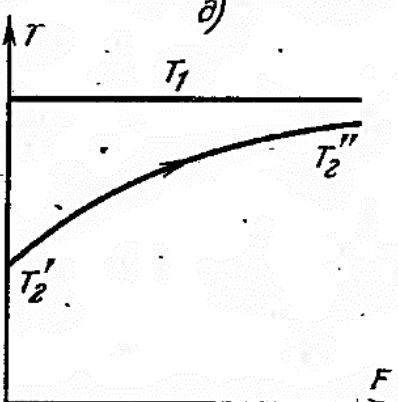
д)



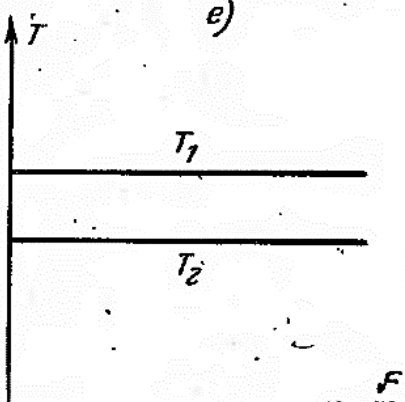
е)



ж)



з)



и)

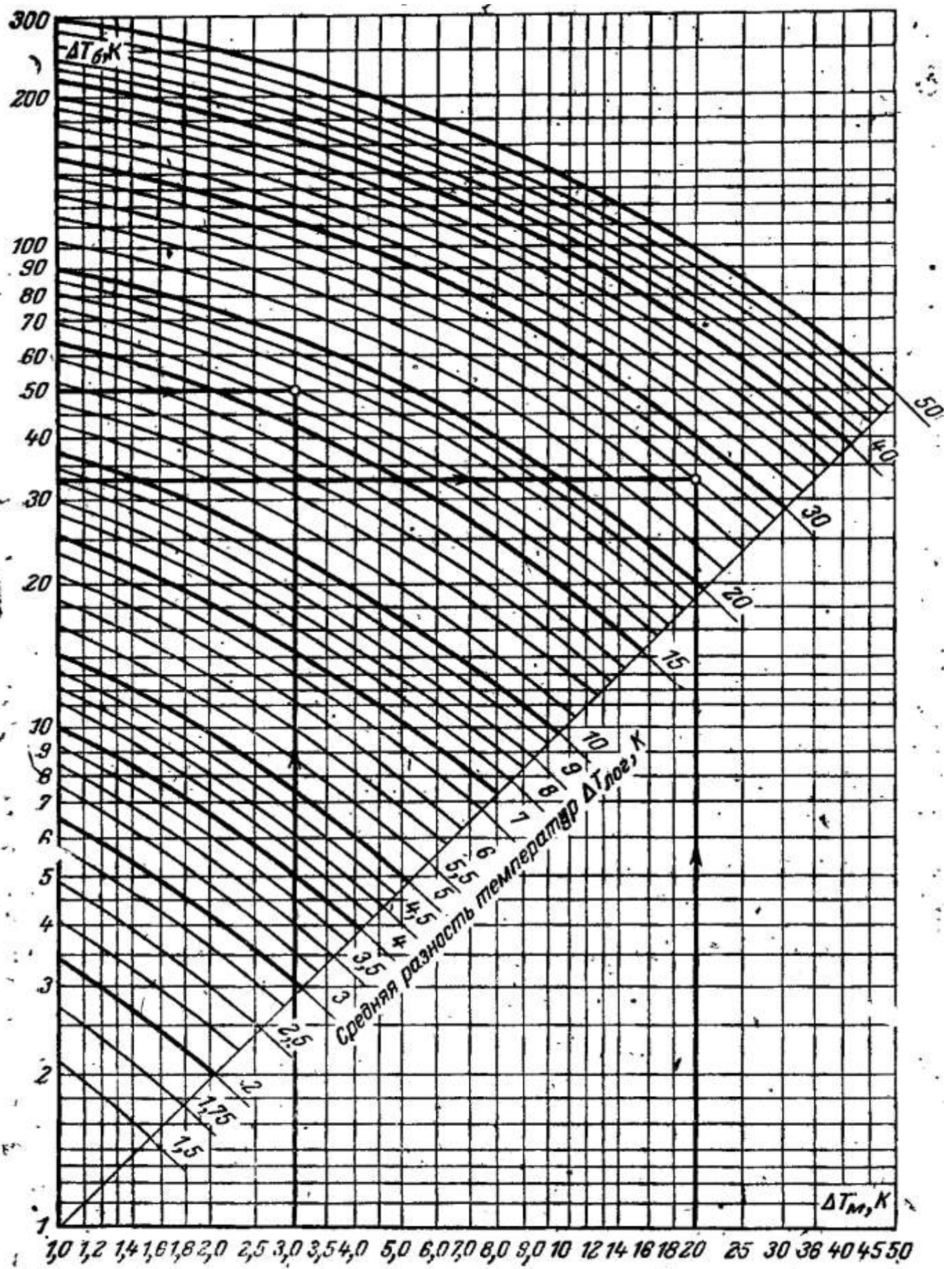


Рис. 2.11. Номограмма для определения среднелогарифмического температурного напора при прямотоке и противотоке.



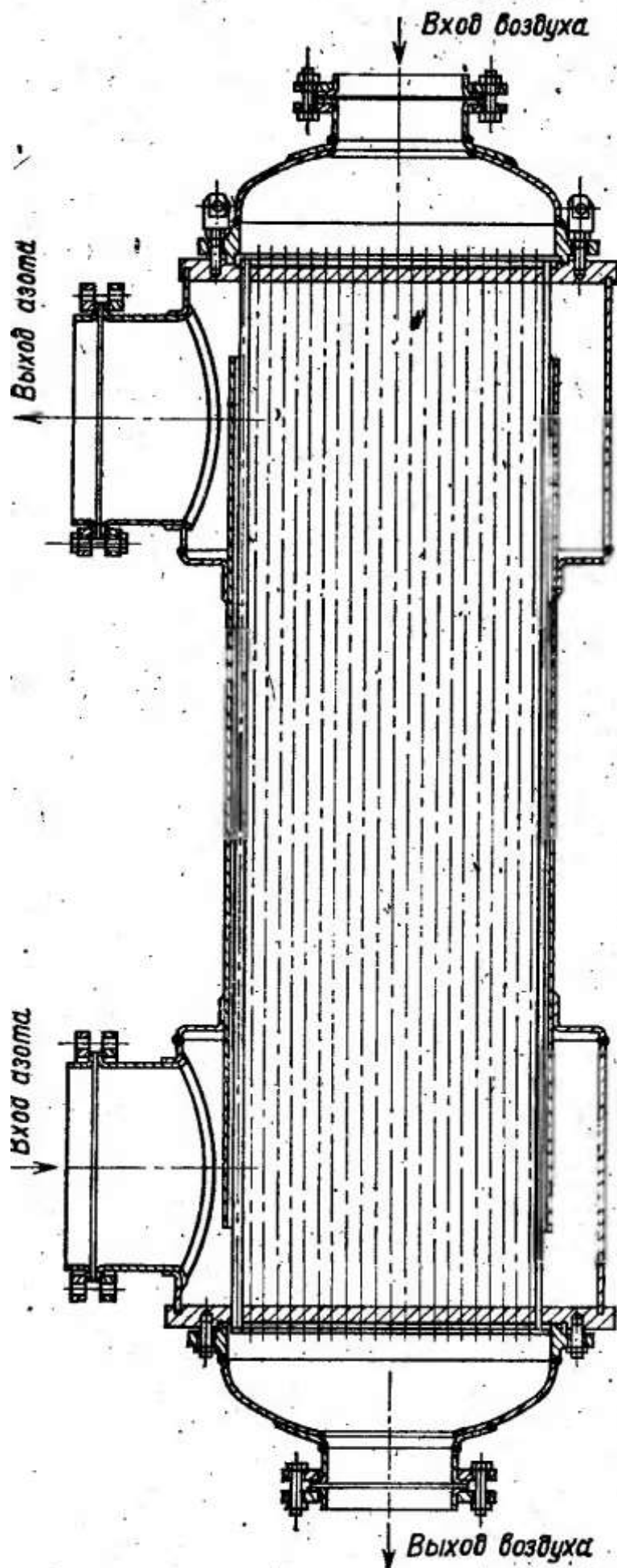


Рис. 2.21. Кожухотрубный теплообменник жесткой конструкции.

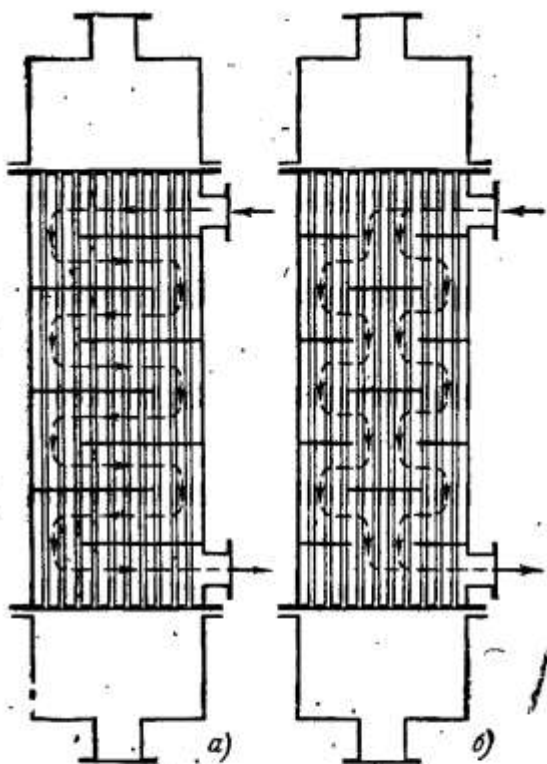


Рис. 2.22. Схемы теплообменных аппаратов с сегментными (а) и концентрическими (б) перегородками.

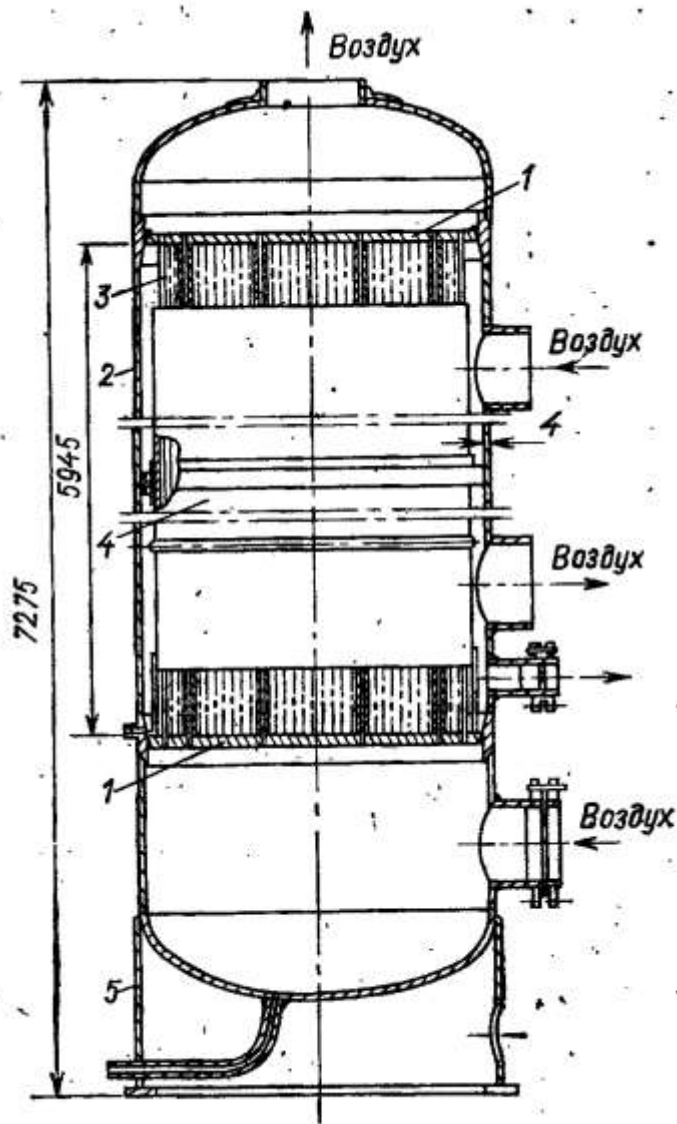


Рис. 2.23. Кожухотрубный теплообменник с рубашкой.

1 — трубные решетки; 2 — кожух; 3 — трубный пучок; 4 — рубашка; 5 — опора.

Для капельных жидкостей скорость в трубах принимается равной 1—3 м/с, скорость газа в межтрубном пространстве при давлении 0,1—0,15 МПа — в пределах 5—10 м/с.

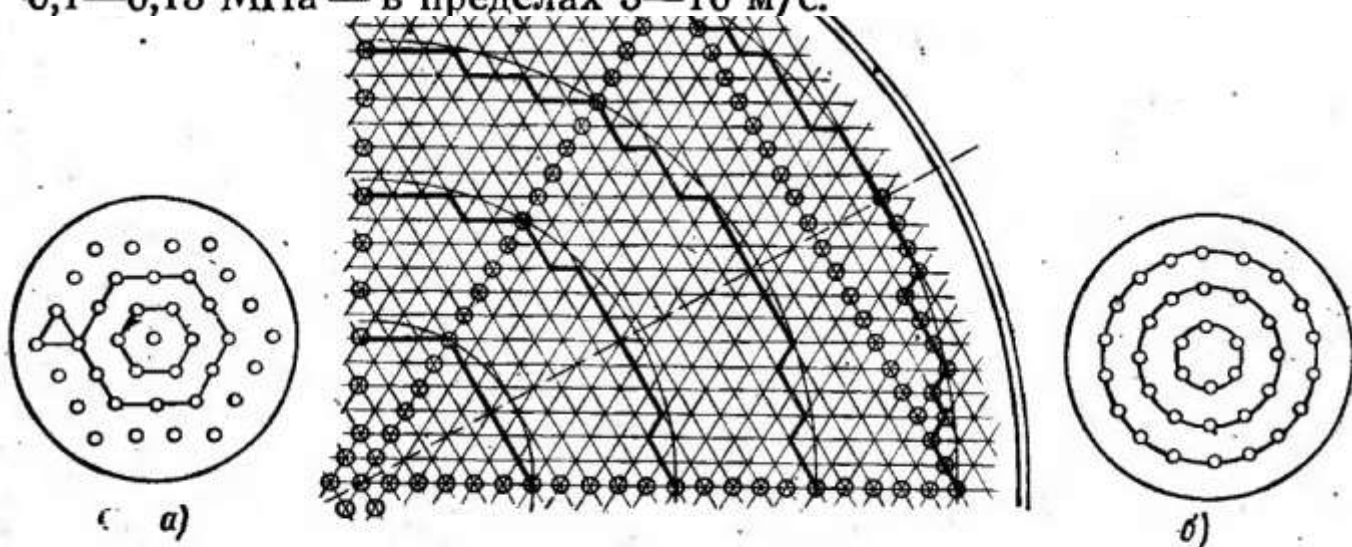


Рис. 2.24. Размещение труб в трубной решетке по сторонам шестиугольников (а) и концентрическим окружностям (б).

### Характеристики навивки гладкотрубного теплообменника [80]

Номер ряда	Средний диаметр ряда, м	Число заходов в ряду	Длина каждого змеевика в ряду, м	Число витков в змеевике
1	0,164	3	83,5	161,6
2	0,193	4	73,3	121,2
3	0,221	4	80,5	121,2
4	0,250	5	75,9	97,0
5	0,278	5	84,8	97,0
6	0,307	6	77,9	80,8

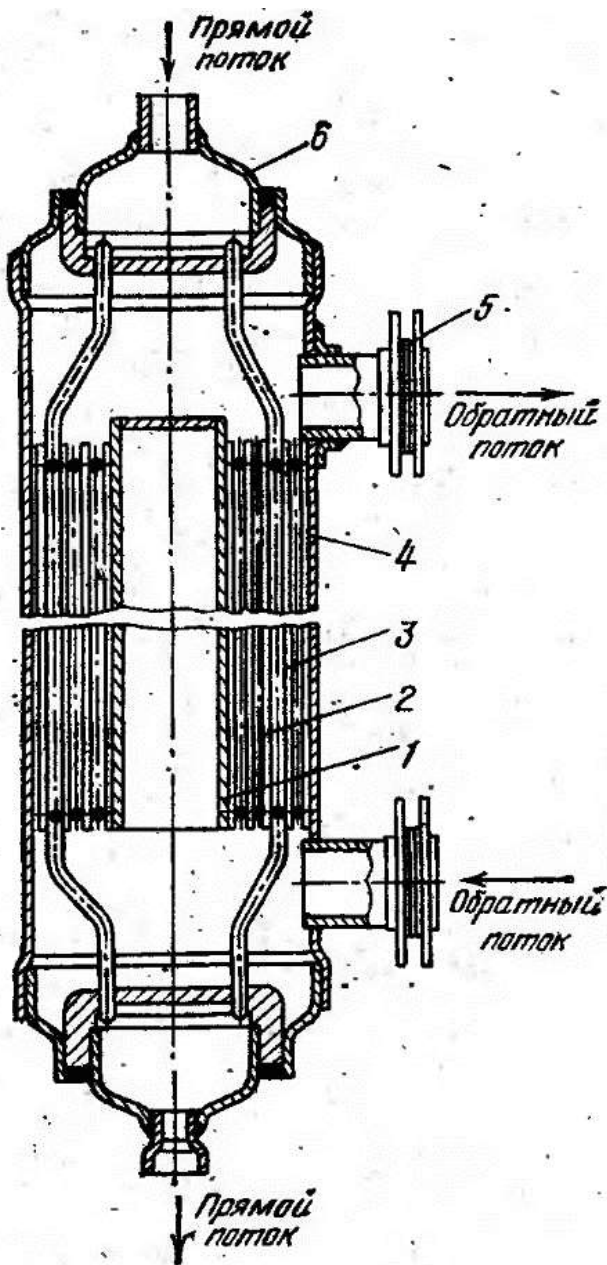


Рис. 2.31. Витой теплообменник.

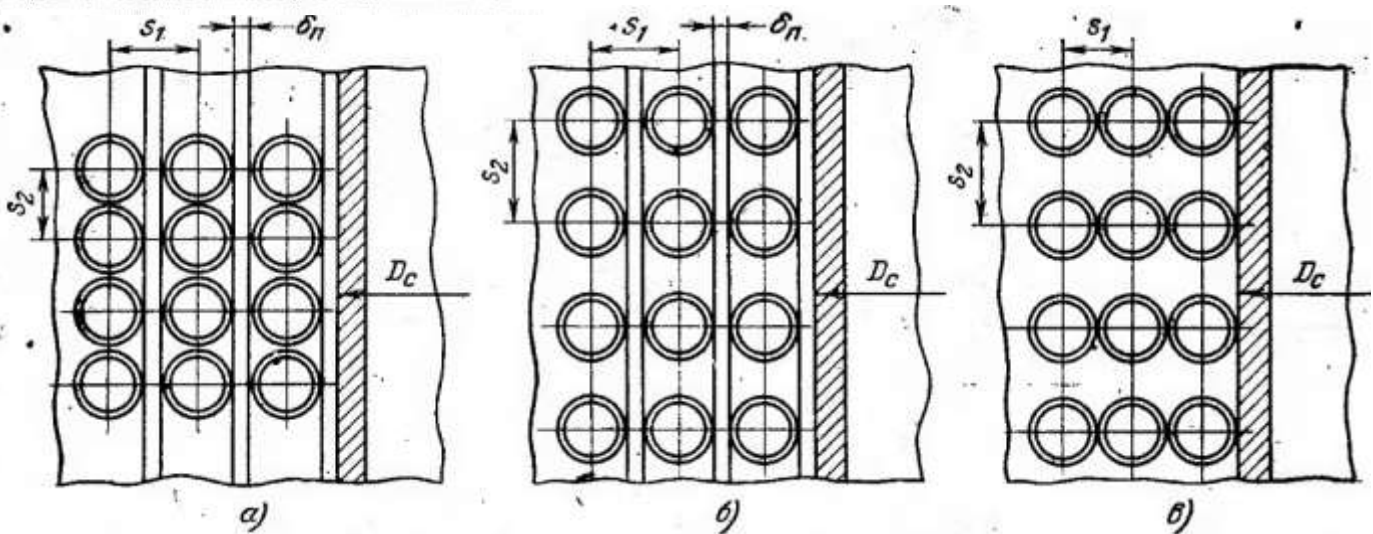


Рис. 2.32. Способы навивки труб на сердечник ( $D_c$  — диаметр сердечника).  
 а — плотная навивка ( $s_1 = d_{нар} + \delta$ ,  $s_2 = d_{нар}$ ); б — разреженная навивка ( $s_1 = d_{нар} + \delta$ ;  $s_2 > d_{нар}$ );  
 е — шаговая навивка ( $s_1 = d_{нар}$ ,  $s_2 > d_{нар}$ ).

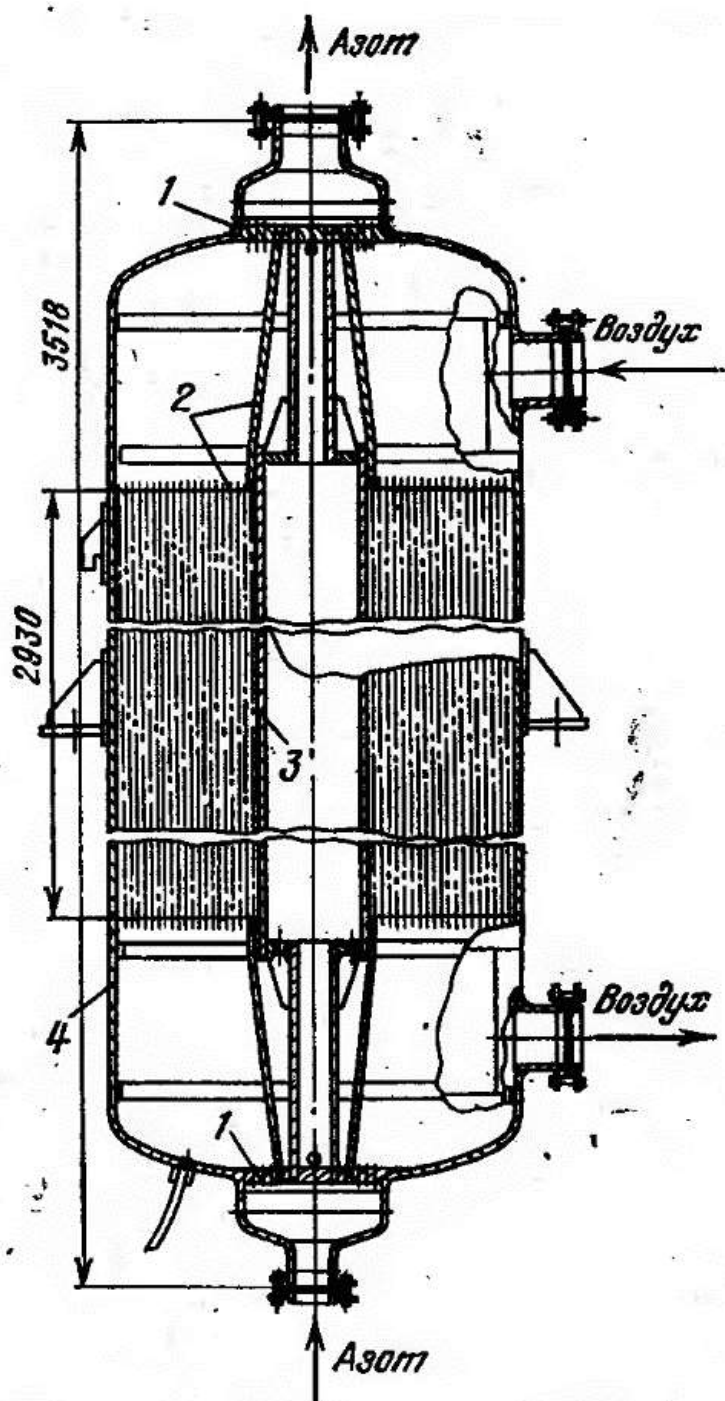


Рис. 2.33. Двухпоточный витой теплообменник низкого давления.

1 — коллектор; 2 — трубки; 3 — сердечник; 4 — обечайка.

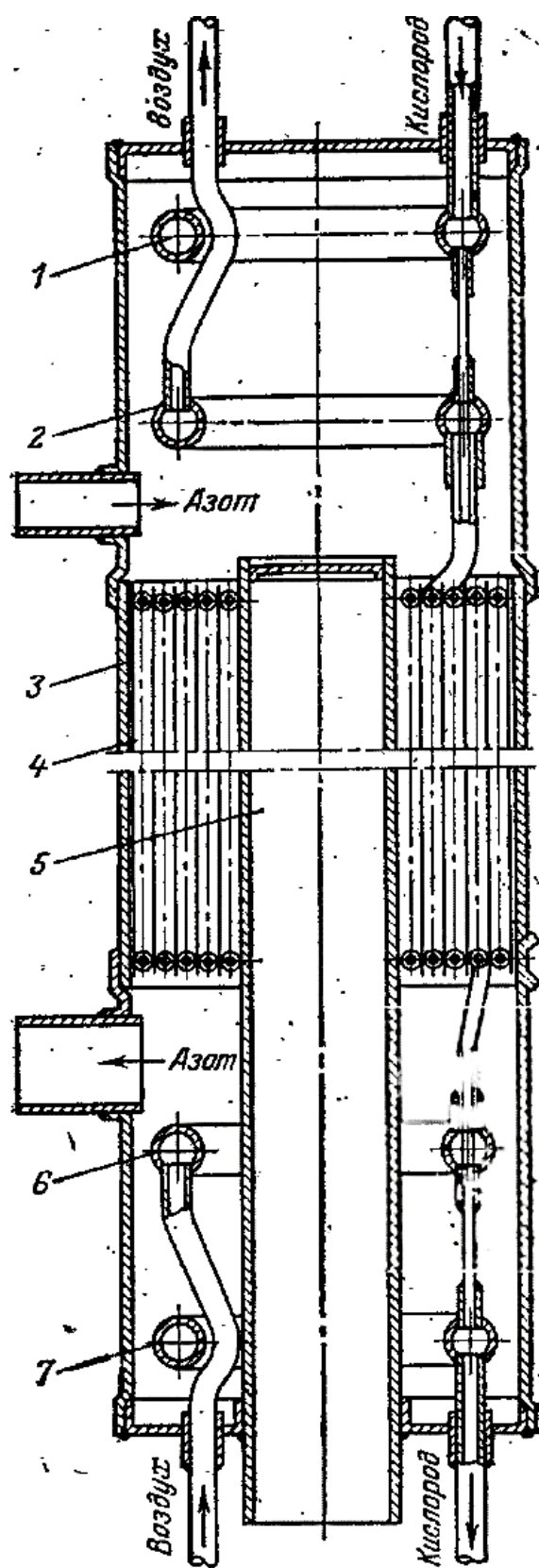


Рис. 2.34. Трехпоточный теплообменник с кольцевыми коллекторами.

1, 7 — кислородные коллекторы; 2, 6 — воздушные коллекторы; 3 — обечайка; 4 — труба; 5 — сердечник.

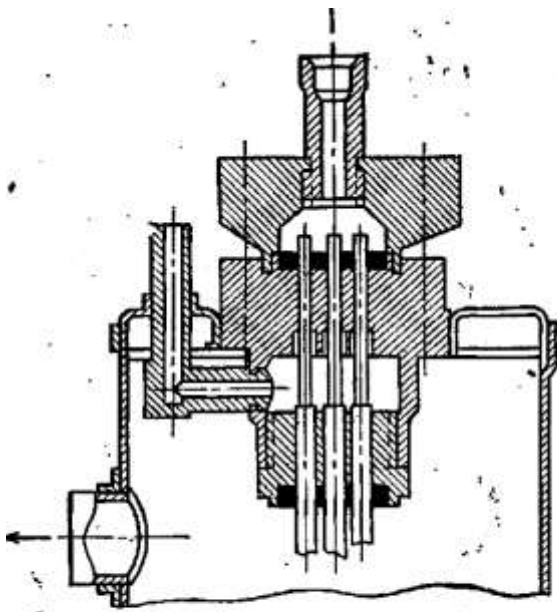


Рис. 2.35. Фланцевый коллектор трехфазного теплообменника высокого давления.

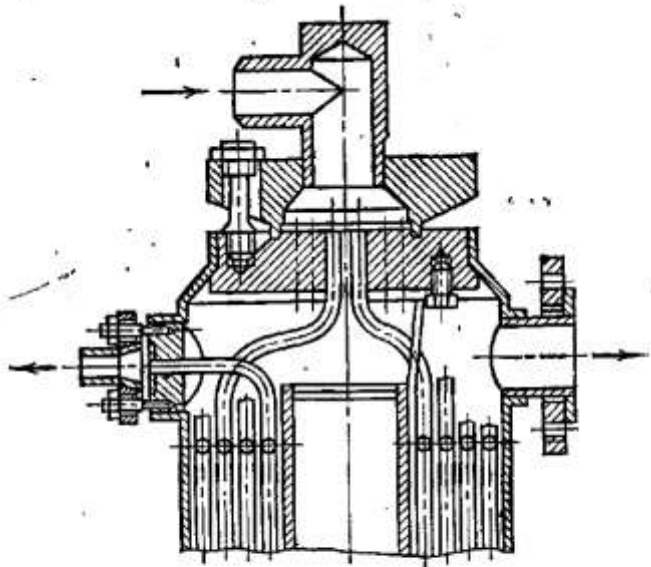


Рис. 2.36. Устройство коллекторов теплообменника высокого давления с секцией труб для дополнительного потока.

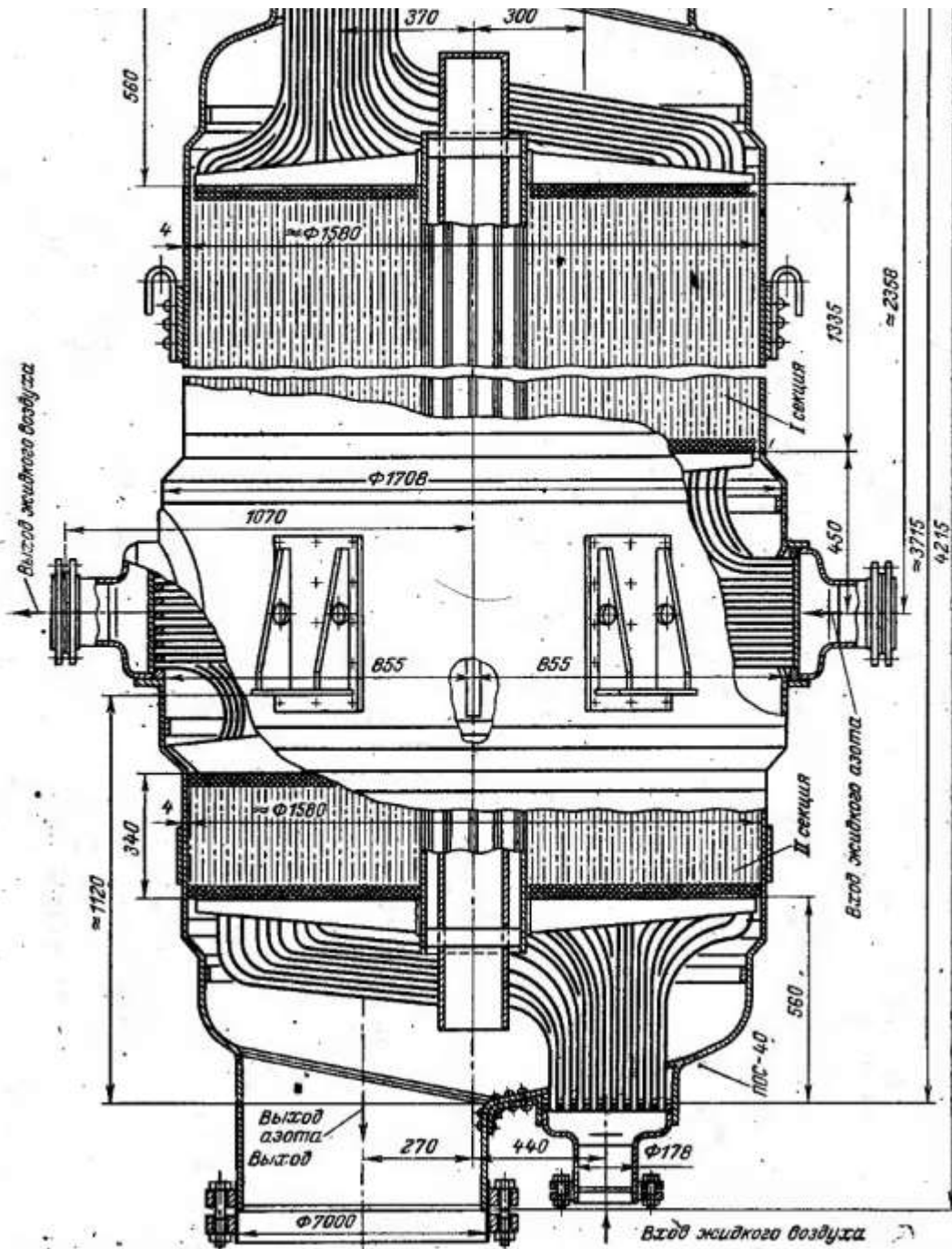


Рис. 2.37. Переохладитель сжиженных газов.

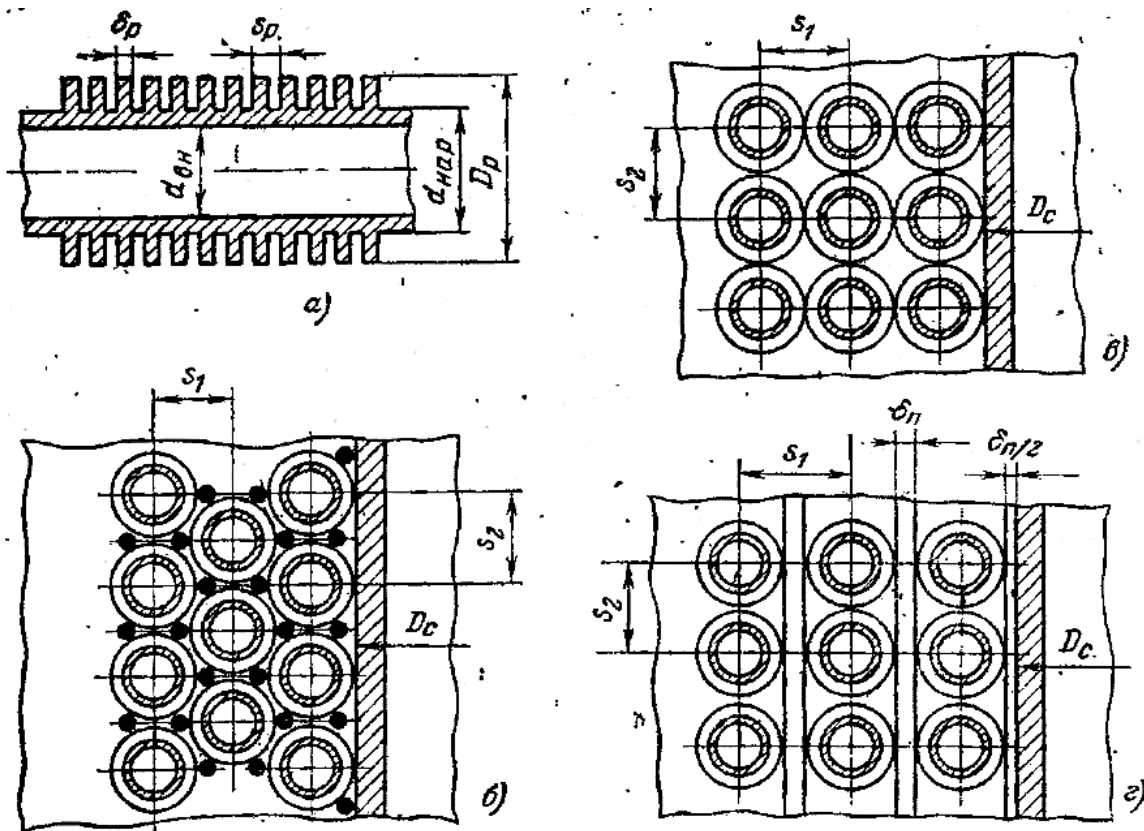


Рис. 2.38. Профиль оребренной трубы (а) и намотка оребренной трубы на сердечник без прокладки с хлопчатобумажным шнуром (б), без прокладки (свободная навивка) (в), с прокладкой (г).

### Геометрические характеристики медных труб, оребренных проволокой

Наружный диаметр трубы $d_{нар}$ , мм	Внутренний диаметр трубы $d_{вн}$ , мм	Диаметр проволоки $d_{п}$ , мм	Шаг оребрения $s_p$ , мм	Площадь поверхности 1 м оребренной трубы $F_{ор} \times 10^3$ , м <sup>2</sup> /м	Объем 1 м оребренной трубы $V_{ор} \times 10^3$ , м <sup>3</sup> /м	Масса 1 м оребренной трубы $M_{ор} \times 10^3$ , кг/м
1,0	0,6	0,16	0,55	6,50	0,919	5,67
1,5	1,2	0,25	0,90	9,58	2,086	8,4
2,0	1,3	0,33	1,10	13,25	3,715	21,3
3,0	2,4	0,50	2,0	18,20	8,16	32,4
4,0	3,2	0,80	2,50	27,88	15,62	67,5
5,0	4,0	0,80	2,75	32,54	22,99	92,8
6,0	5,0	1,0	4,0	36,36	32,64	115,9
7,0	5,4	1,2	3,85	47,49	46,12	207,1
8,0	6,0	1,5	5,0	53,62	60,92	291,1
10,0	7,0	1,6	5,50	65,01	91,97	475,6

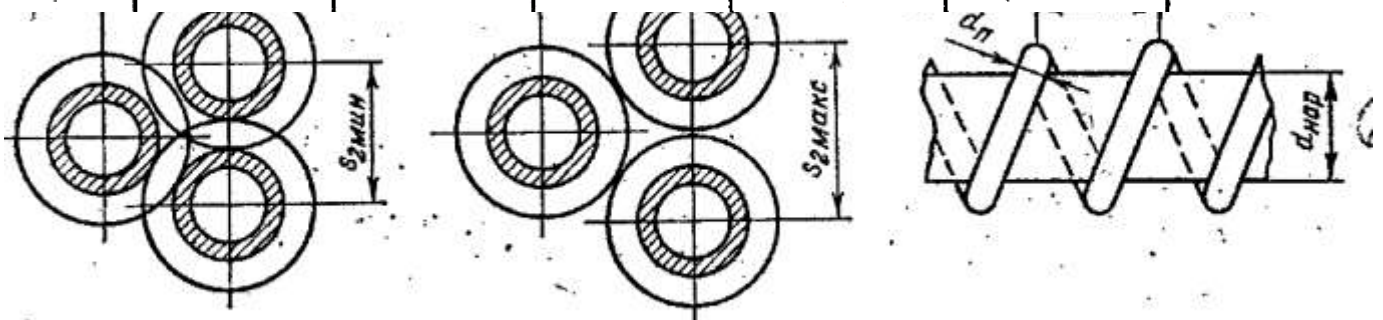


Рис. 2.39. Взаимное расположение труб, оребренных проволокой, при навивке на сердечник.

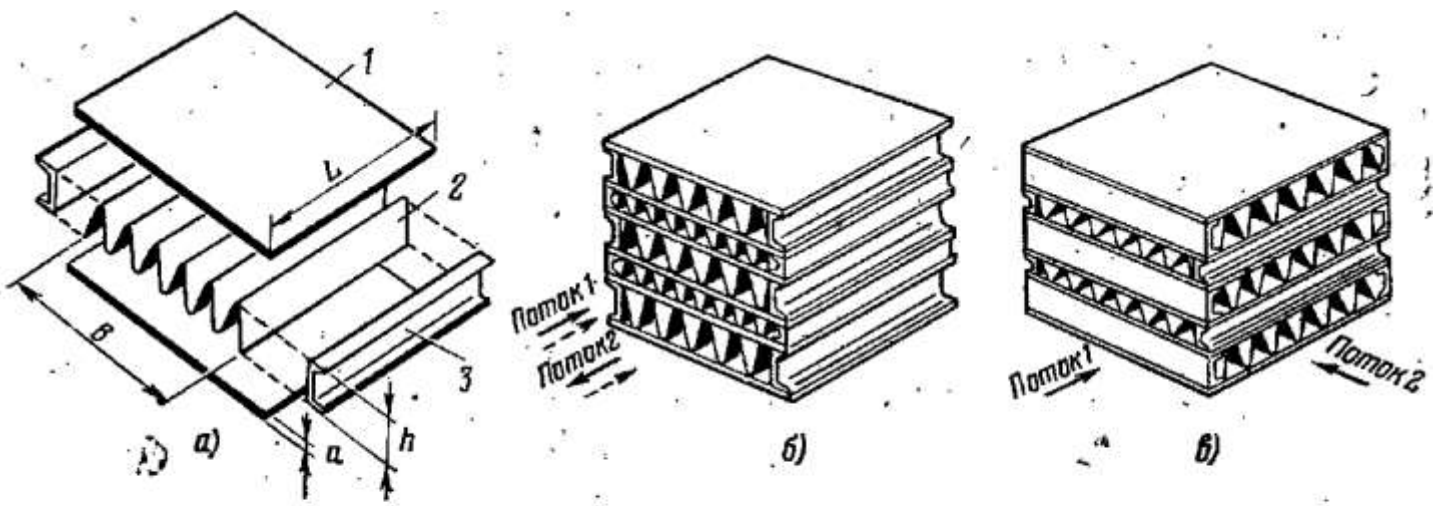


Рис. 2.43. Пластинчато-ребристый теплообменник.

$a$  — отдельный канал теплообменника; 1 — проставочный лист (перегородка); 2 — гофрированная насадка; 3 — боковая уплотнительная проставка; б — пакет противоточного ( $\leftarrow \rightarrow$ ) и прямоточного ( $\rightarrow \rightarrow$ ) теплообменников; а — пакет перекрестноточного теплообменника.

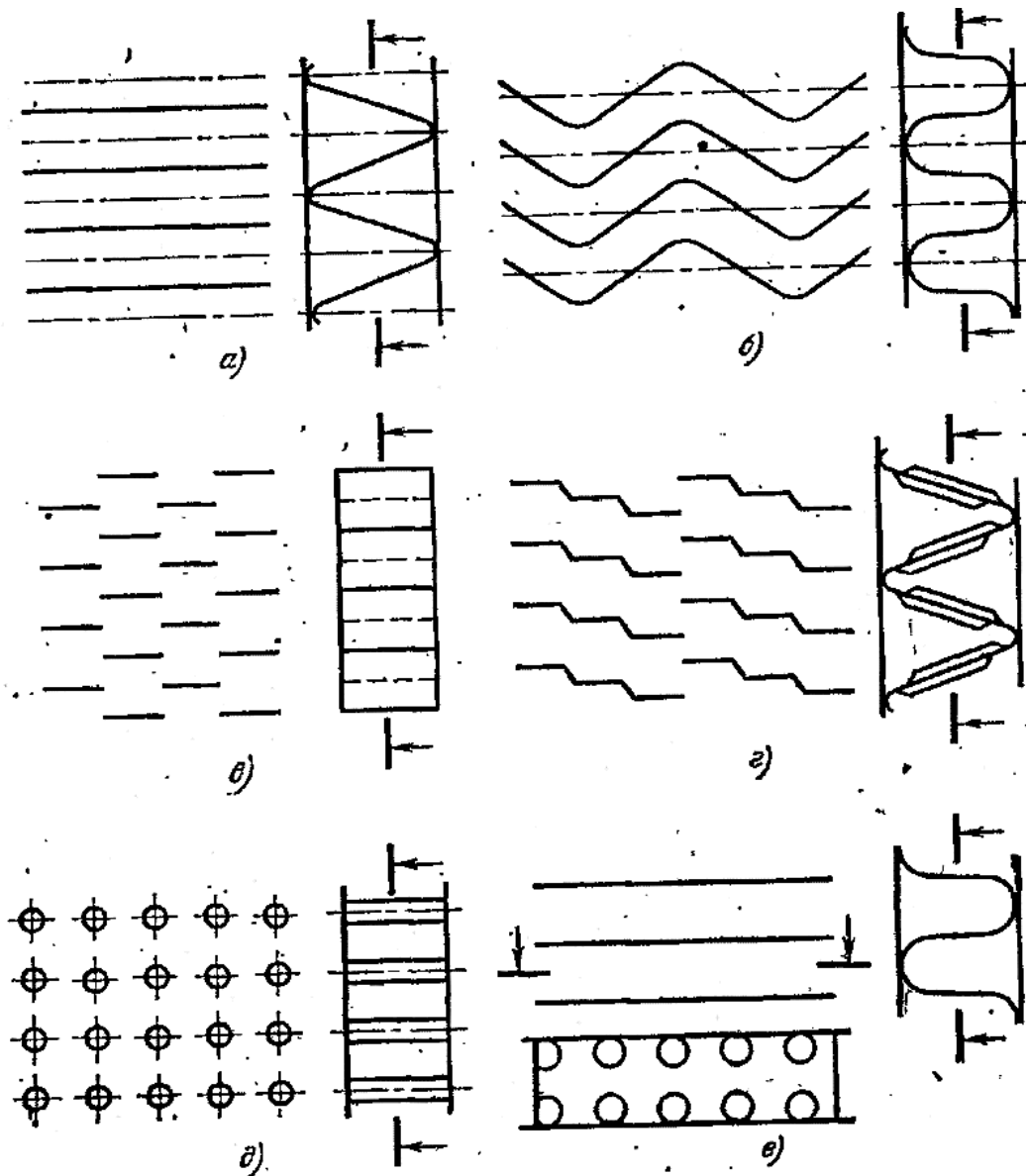


Рис. 2.44. Типы пластинчато-ребристых поверхностей.

$a$  — с гладкими непрерывными ребрами; б — с волнистыми непрерывными ребрами; в — с прерывистыми ребрами; г — с чешуйчатыми ребрами; д — с шипами; е — с перфорированными ребрами.





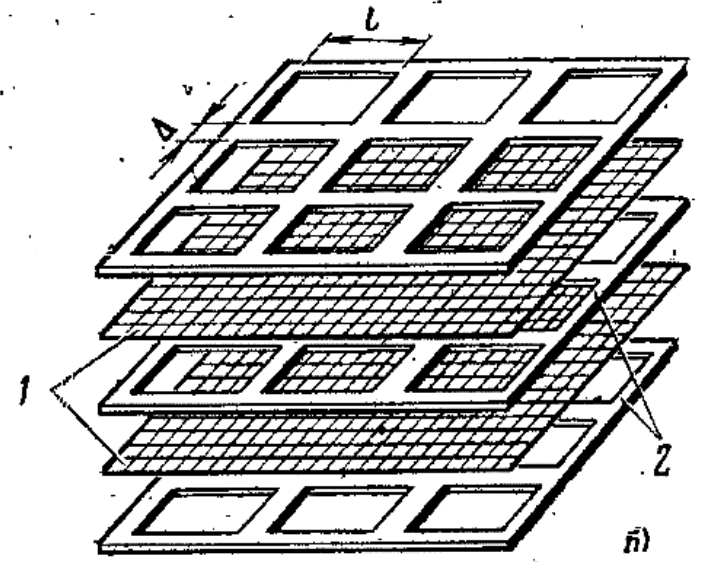
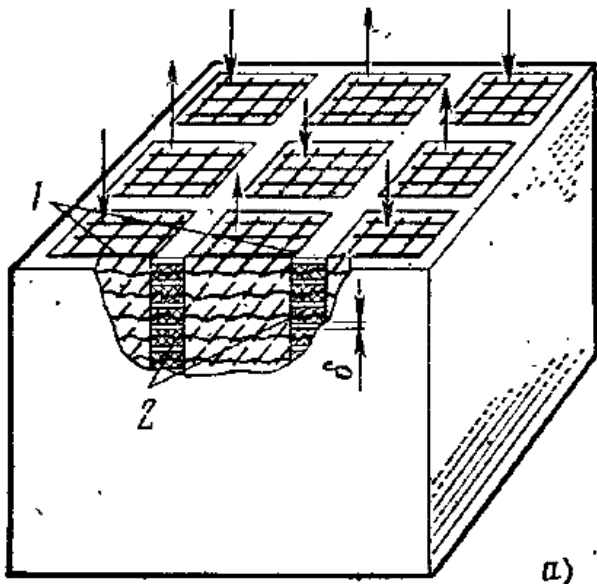


Рис. 2.57. Сетчатый теплообменник.

а — компоновка аппарата; б — элементы конструкции; 1 — сетки; 2 — прокладки.

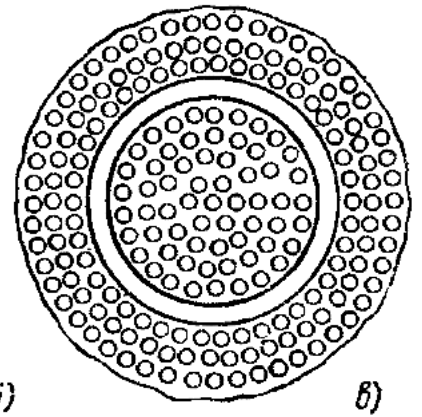
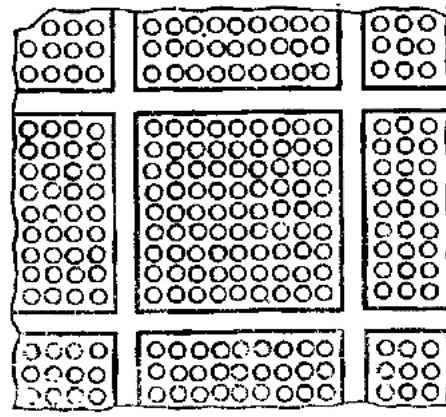
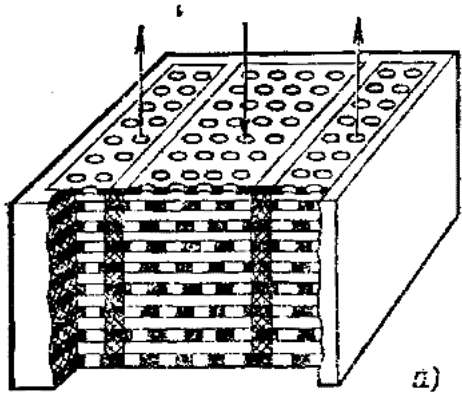


Рис. 2.58. Схемы матричных аппаратов с параллельным (а), шахматным (б) и концентрическим (в) расположением каналов.

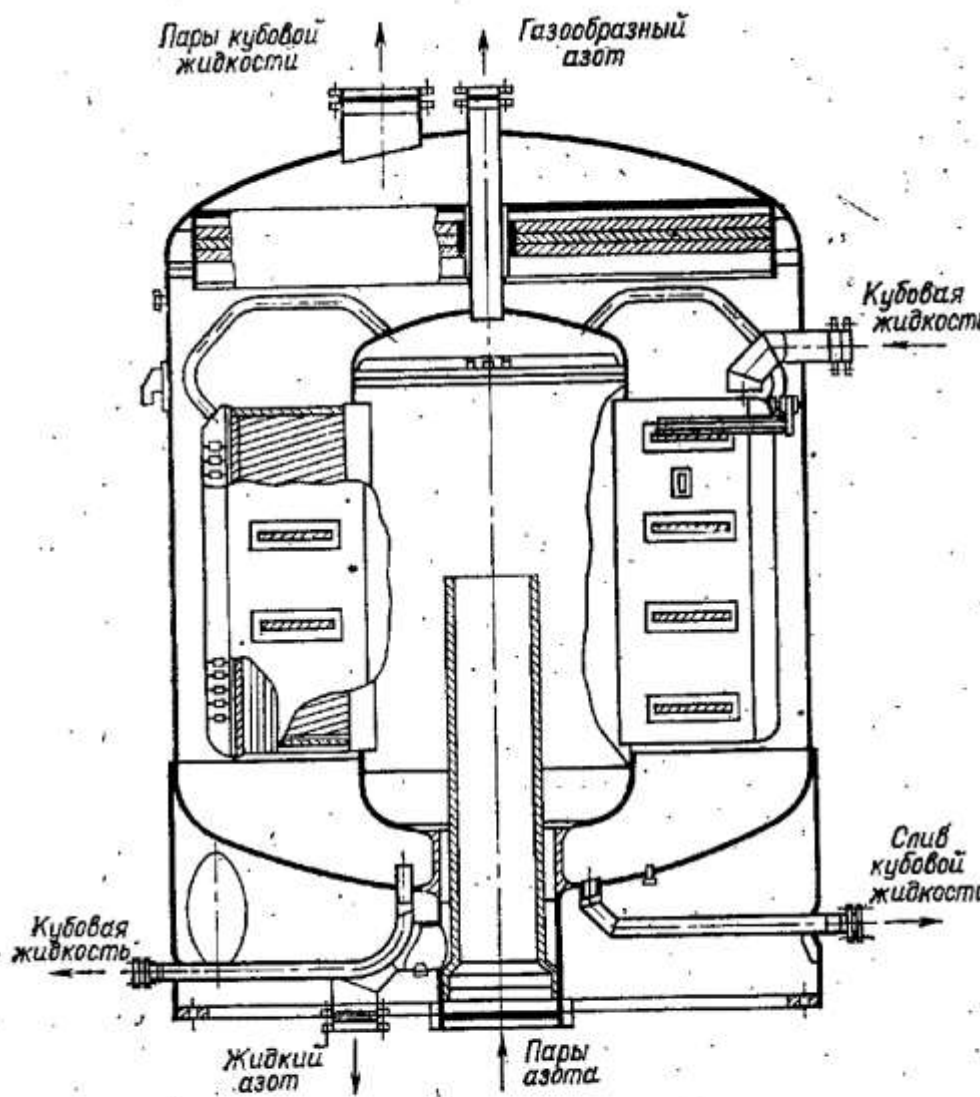


Рис. 2.71. Выносной пластинчато-ребристый конденсатор-испаритель с сепарирующим устройством.

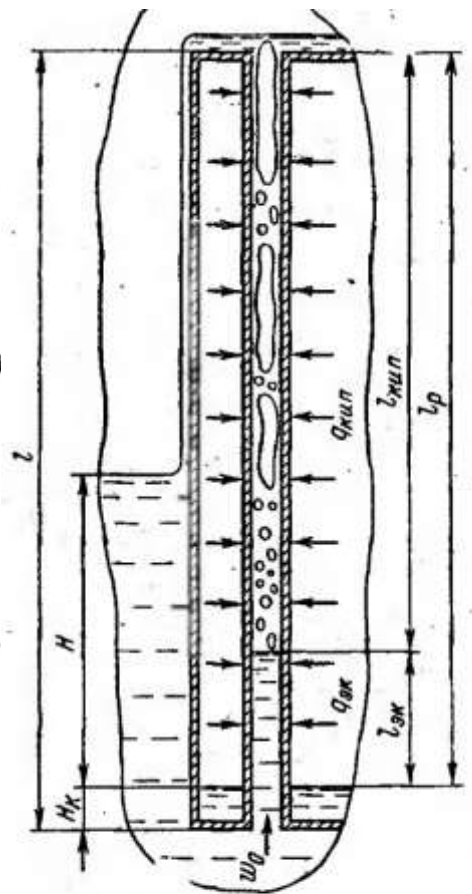


Рис. 2.72. Схема контура с естественной циркуляцией кипящей жидкости.

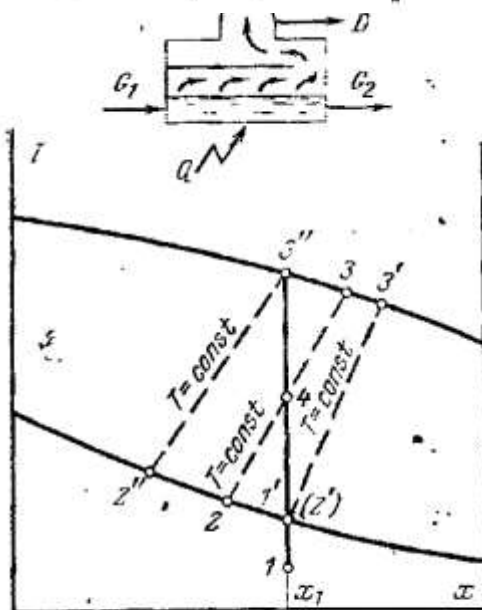


Рис. 4.23. Прямоточная схема процесса непрерывного испарения.

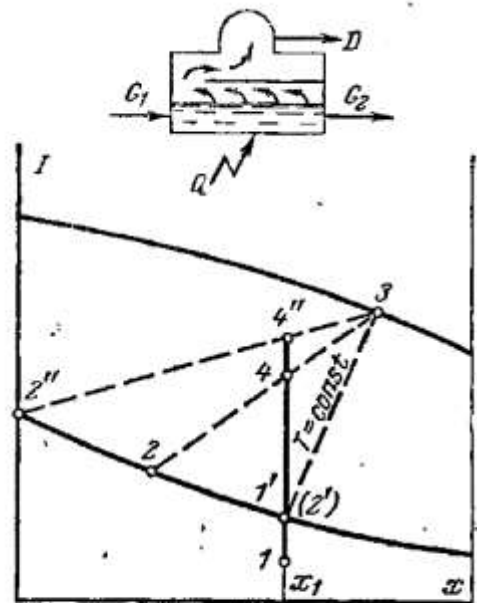
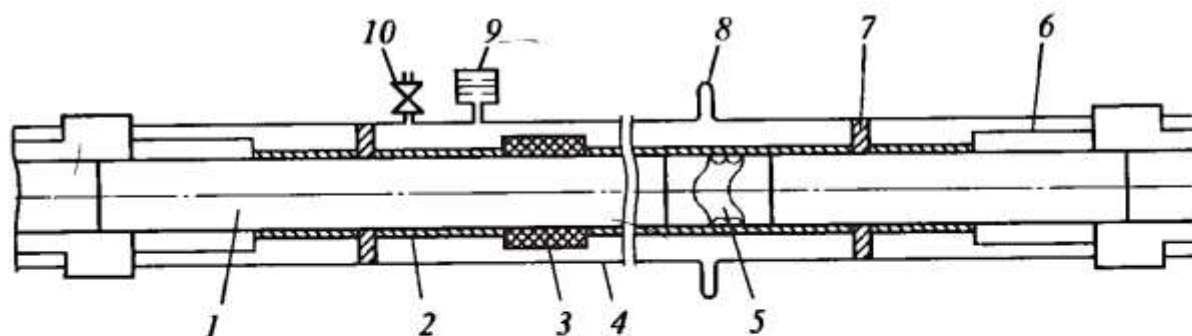


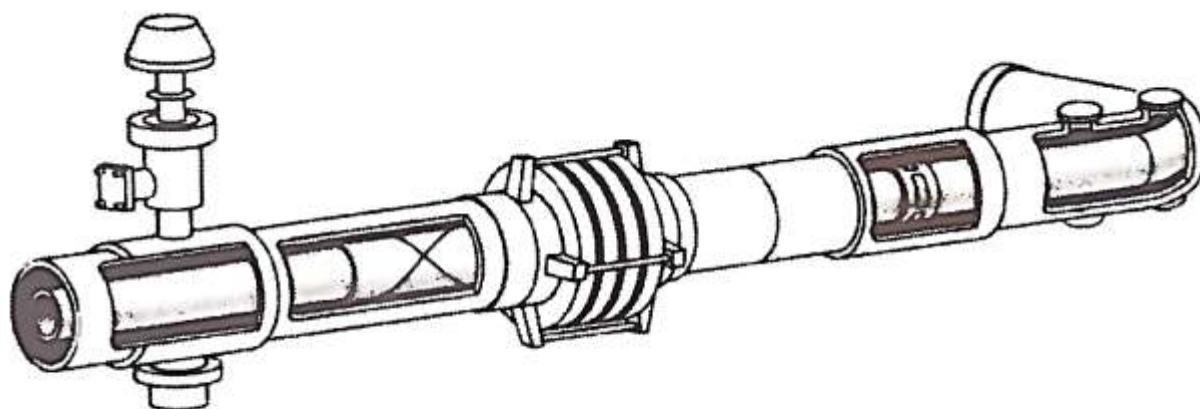
Рис. 4.24. Противоточная схема процесса непрерывного испарения.

## Криогенные трубопроводы и арматура



*Рис. 10.6.* Типовая конструктивная схема секции криогенного трубопровода с автономной изоляционной полостью:

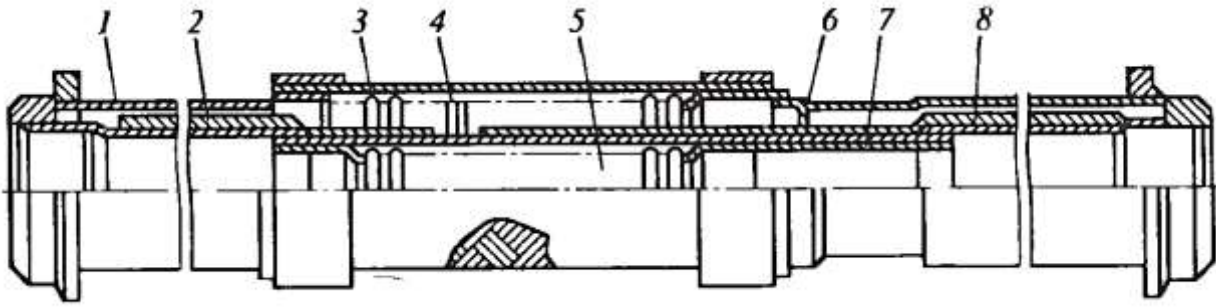
1 — внутренняя труба; 2 — изоляция; 3 — адсорбционный насос; 4 — кожух; 5 — сильфонный компенсатор температурных напряжений внутренней трубы; 6 — тепловой мост; 7 — дисковая опора; 8 — линзовый компенсатор температурных напряжений кожуха; 9 — разрывная мембрана; 10 — вакуумный вентиль



*Рис. 10.7.* Секции криогенного трубопровода, собранного из унифицированных секций, с сильфонным компенсатором

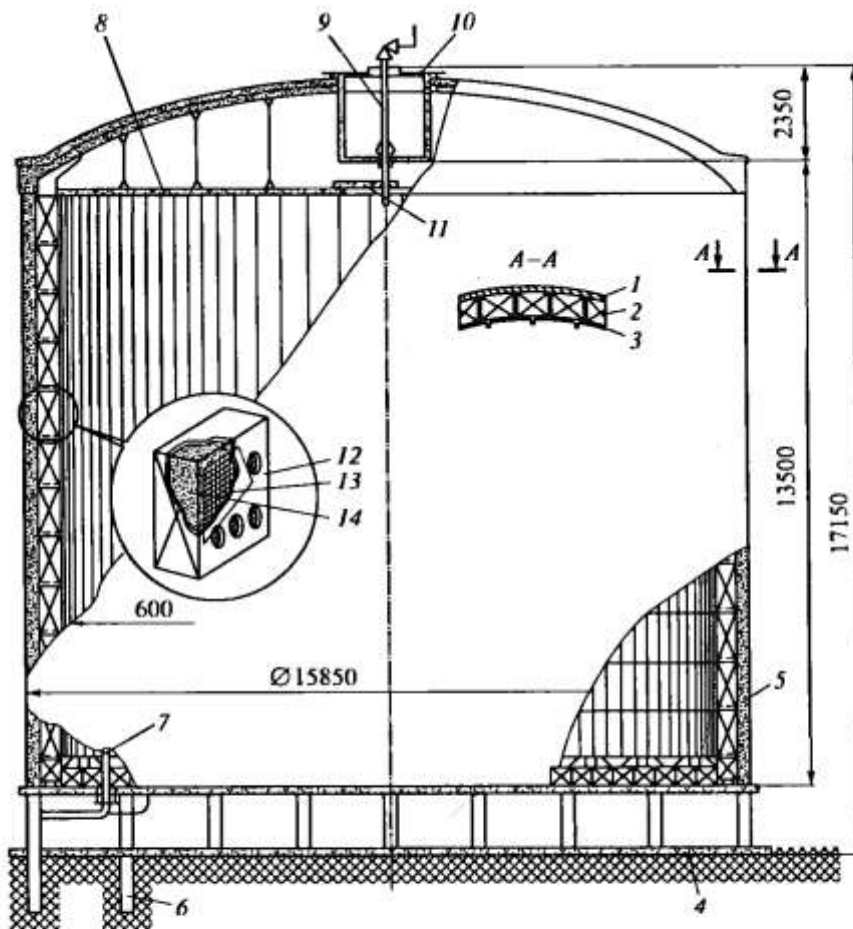


*Рис. 10.8.* Конструкция шарнира компенсирующей секции



**Рис. 10.9.** Конструктивная схема металлорукава:

1 — наружная труба; 2 — экраны; 3 — наружный металлорукав с оплеткой; 4 — опора; 5 — внутренний металлорукав с оплеткой; 6 — переходник; 7 — гильза; 8 — внутренняя труба



**Рис. 8.5.** Мембранный резервуар с наружной несущей оболочкой из напряженного железобетона (фирма «Газ Транспорт», Франция) вместимостью 2000 м<sup>3</sup> СПГ:

1 — несущая оболочка (ж.б. 200 мм); 2 — теплоизоляция (перлит); 3 — мембрана (инвар 0,5 мм); 4 — основание (ж.б. 200 мм); 5 — гидроизоляция; 6 — свая; 7 — слив СПГ; 8 — подвесное перекрытие; 9 — сброс паров; 10 — люк для монтажа конструкций; 11 — люк-лаз; 12 — фанера (8 мм); 13 — стеклоткань; 14 — перлит

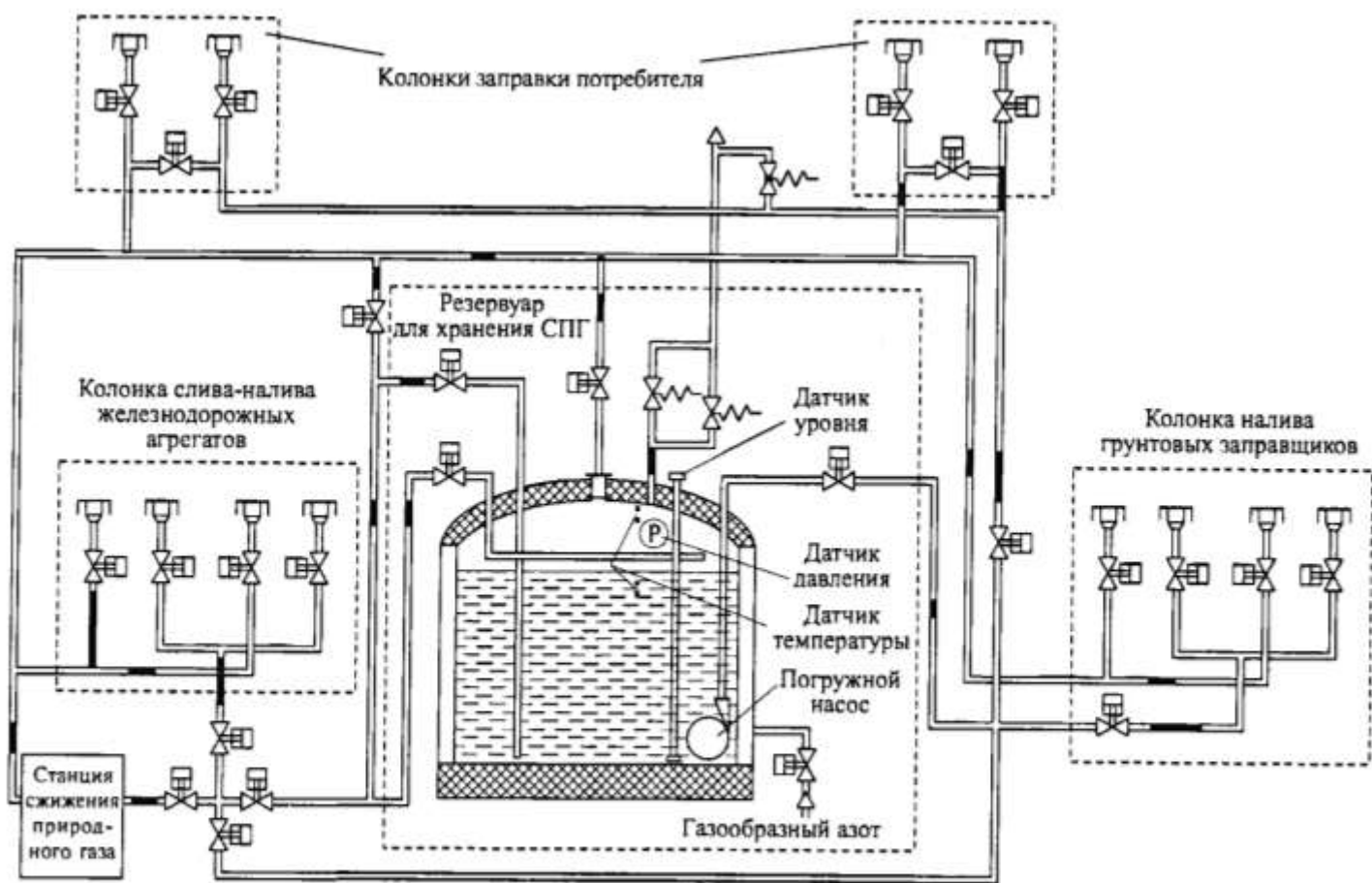


Рис. 8.8. Принципиальная схема хранения и заправки СПГ с изотермическим резервуаром