

Городов А.К.

**Иллюстративно-графический материал по дисциплине
Тепломассообменный аппарат**

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(технический университет)

Иллюстративно-графический материал
по дисциплине

ТЕПЛОМАССООБМЕННЫЕ
АППАРАТЫ

Автор: ГОРОДОВ А.К.

Москва, 1994г.

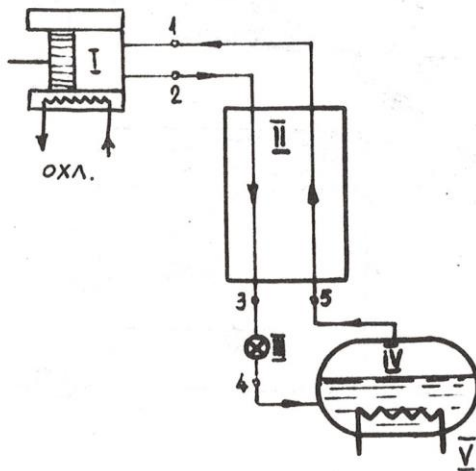


Рис. I.1. Схема криогенной установки, работающей по циклу с простым дросселированием.

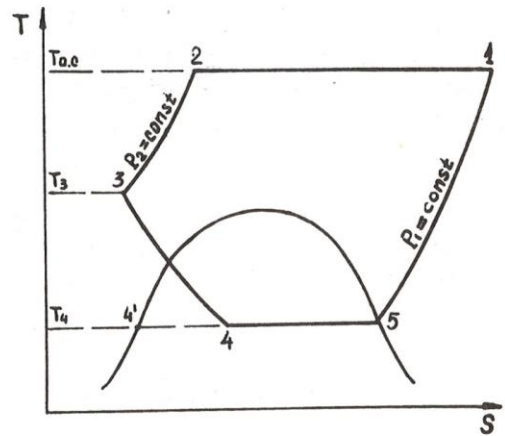


Рис. I.2. Цикл установки в координатах $T-S$

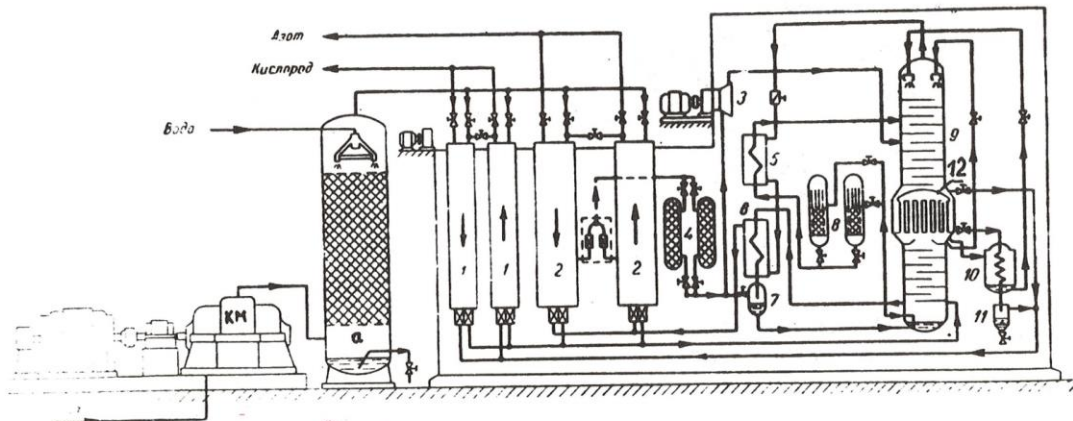


Рис. I.3. Схема установки низкого давления для получения технологического кислорода.

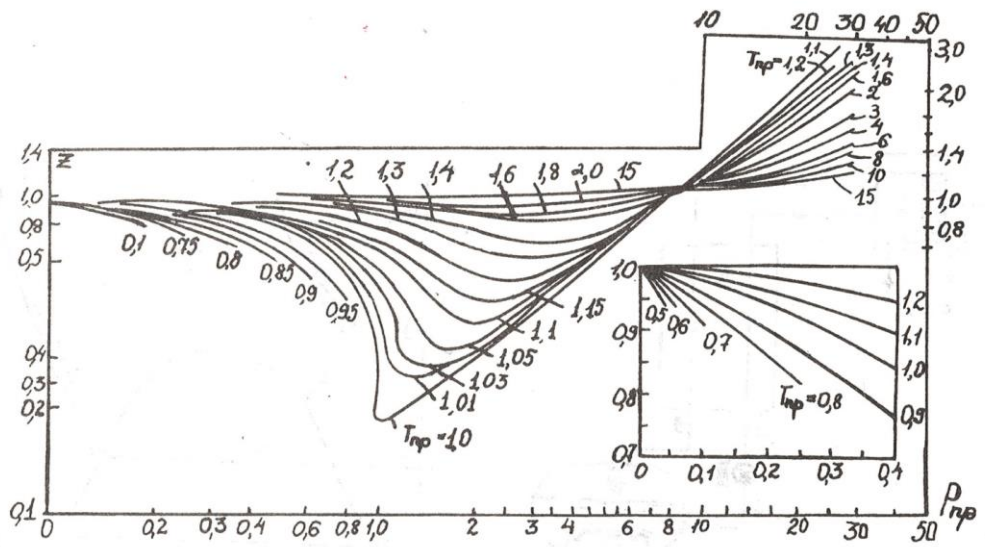


Рис. I.4. Зависимость коэффициента сжимаемости реальных газов от $p_{пр}$ и $T_{пр}$

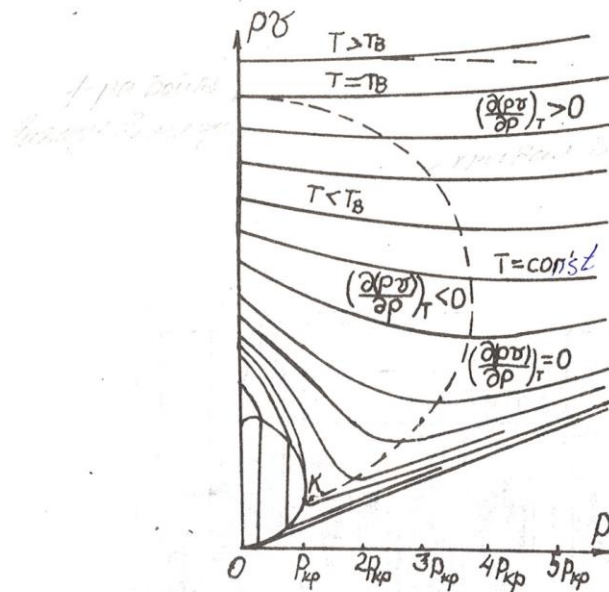


Рис. I.5. p - v - p диаграмма реального газа

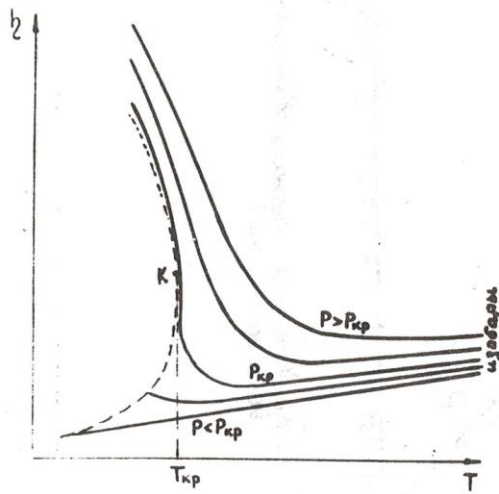


Рис. I.7. Вязкость реального газа.

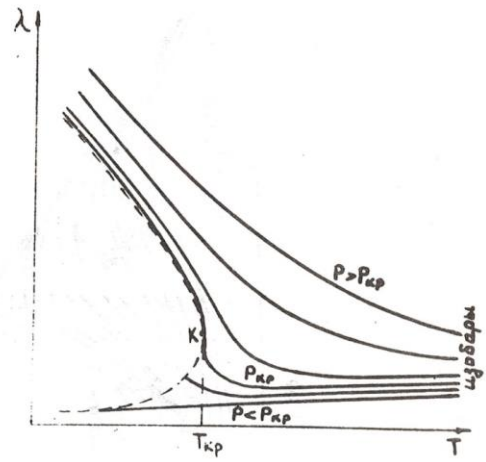


Рис. I.8. Теплопроводность реального газа.

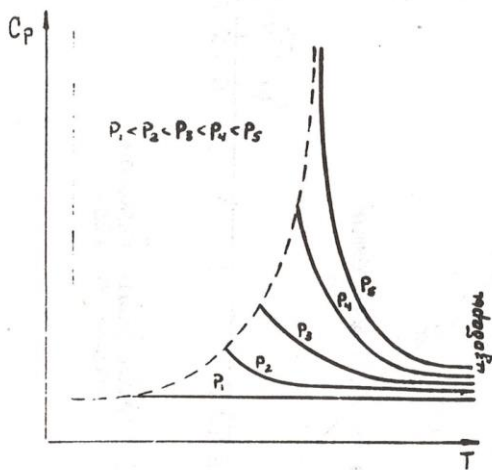
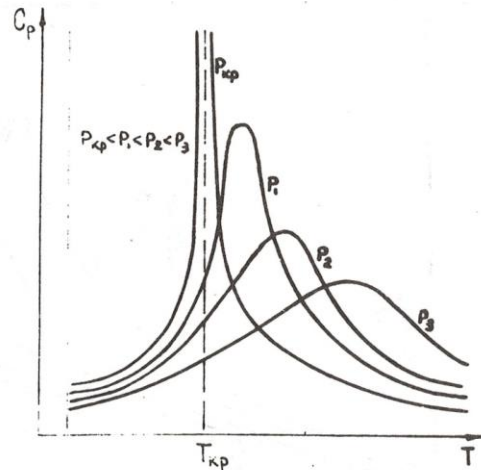


Рис. I.9. Теплоемкость реального газа.



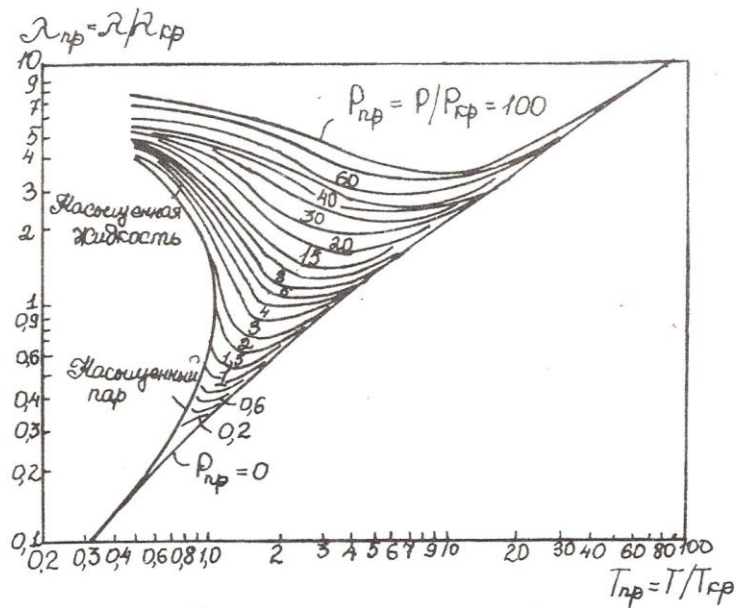


Рис. I. II. Приведенная теплопроводность реального газа.

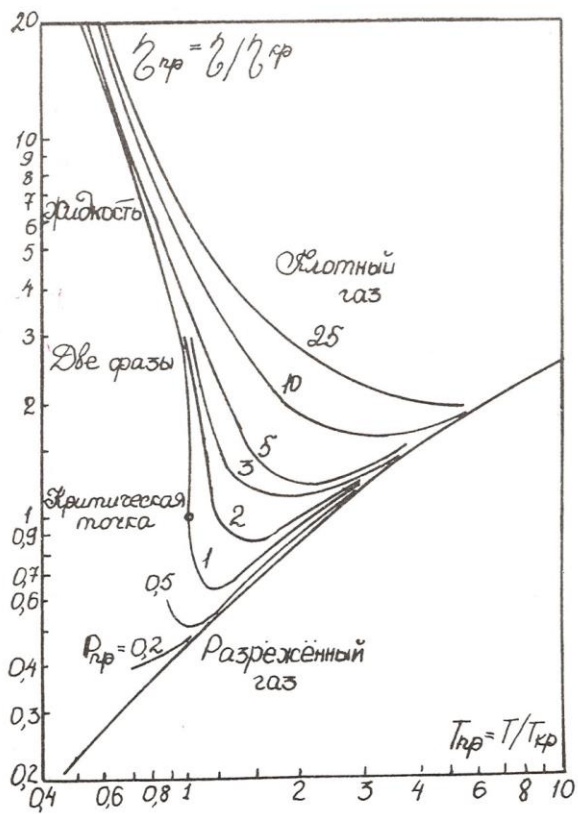
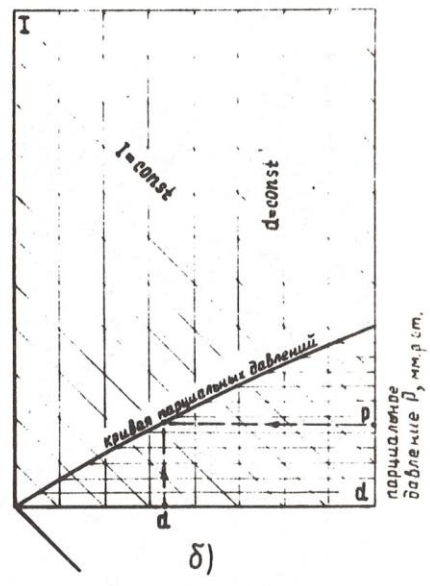
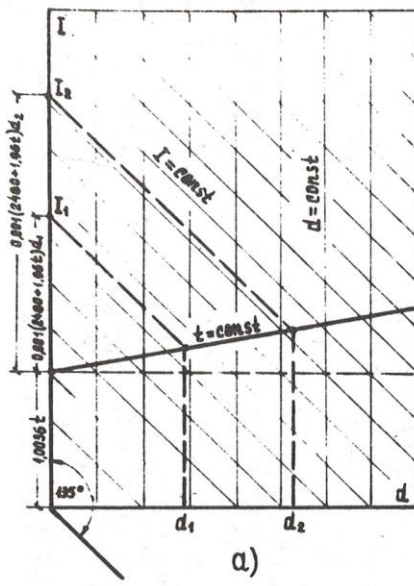


Рис. I. 10. Приведенная вязкость реального газа.



парциальные
давления p , мм р.ст.

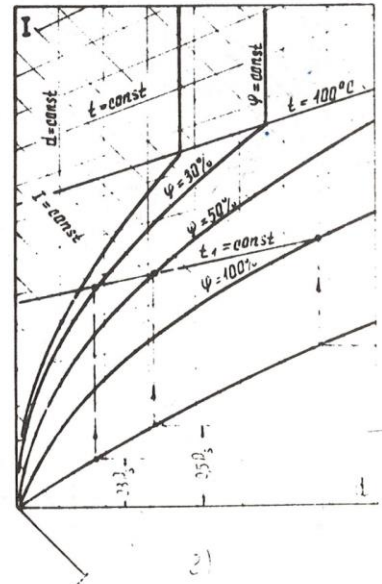
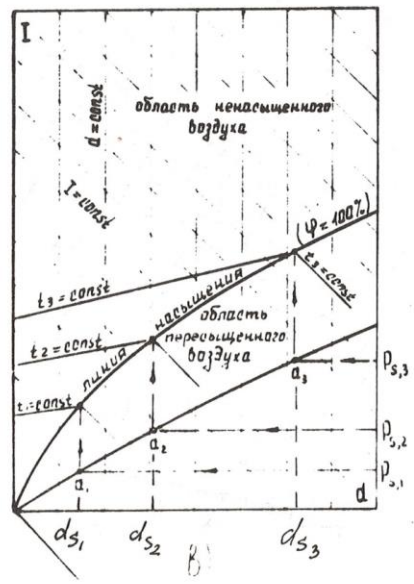


Рис. I.12. Построение I - d диаграммы влажного воздуха.

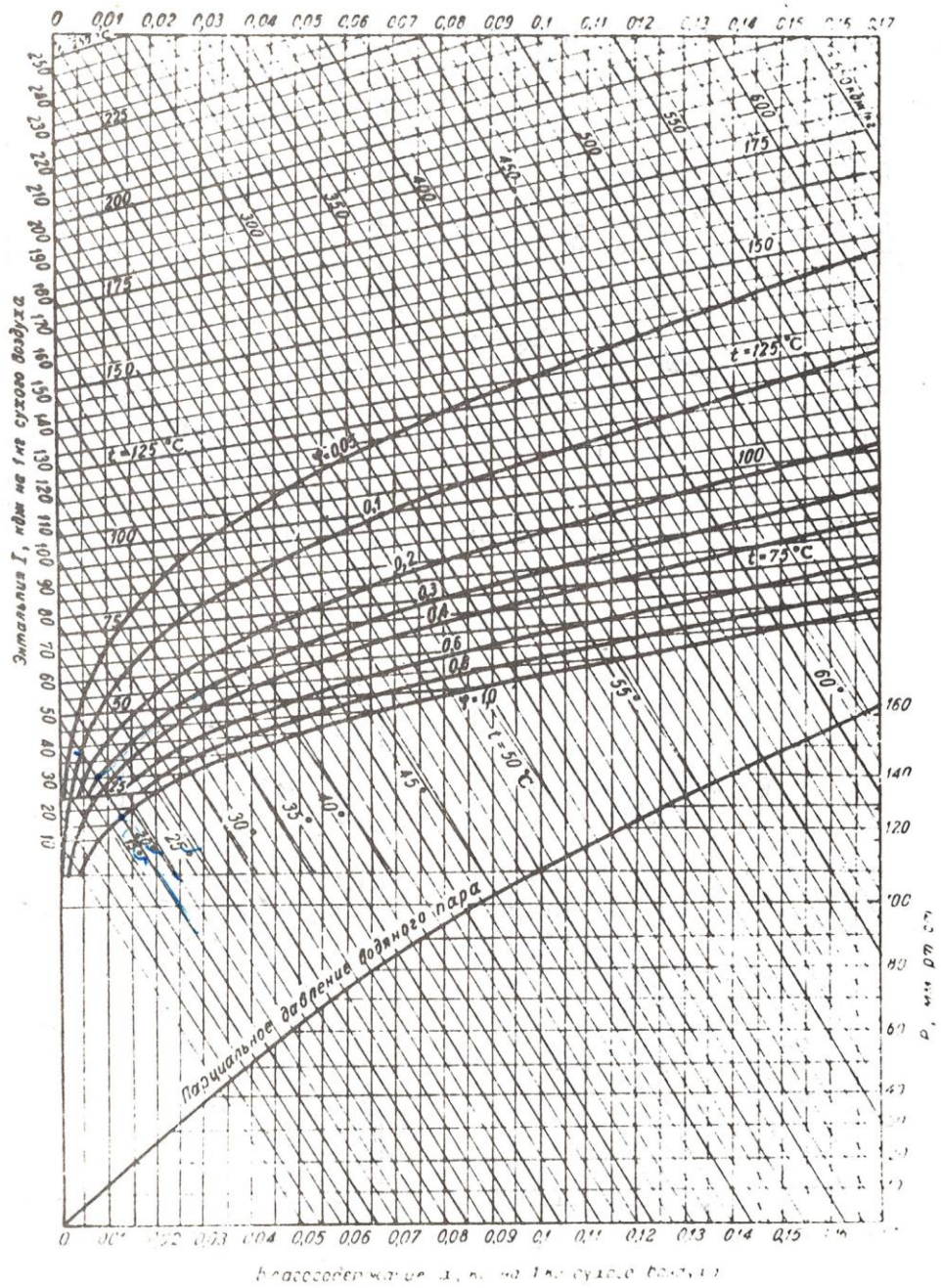


Рис. I.13. $t-x$ диаграмма влажного воздуха.

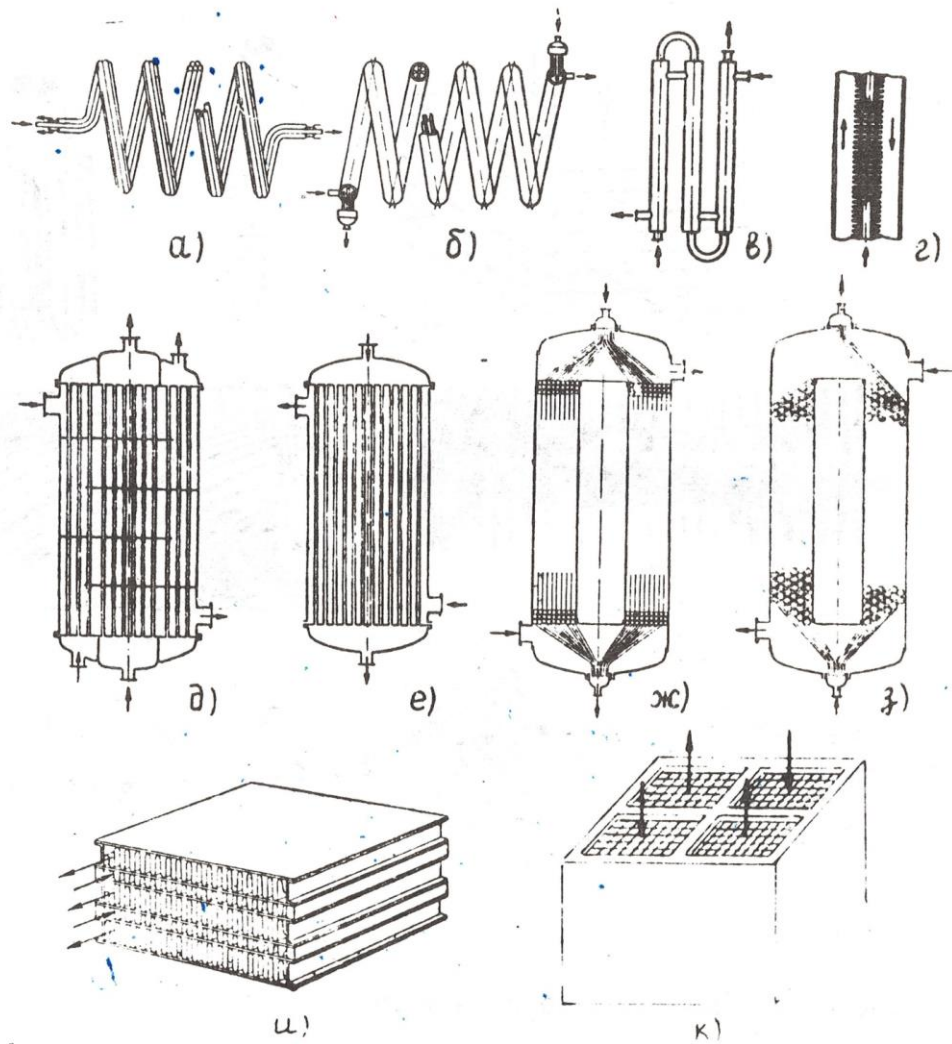


Рис.2.1. Типы теплообменных аппаратов:
 а - из спаянных трубок; б - змеевиковый; в - "труба в трубе"; секционированный; г - труба в трубе " с ребрением; д - кожухотрубный, односекционный; ж - витой, гладкотрубный; з - витой, с ребренными трубками; и - пластинчаторебристый; к - матричный (сетчатый, пластинчатый).

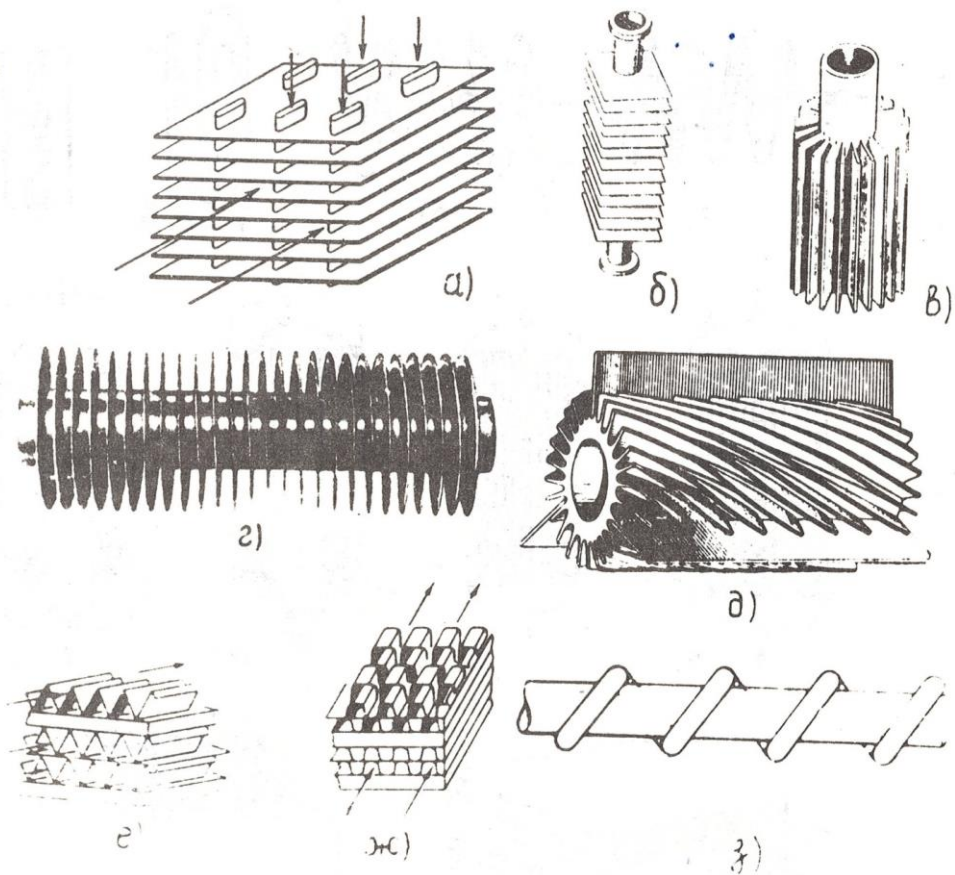


Рис.2.2. Способы оребрения труб.

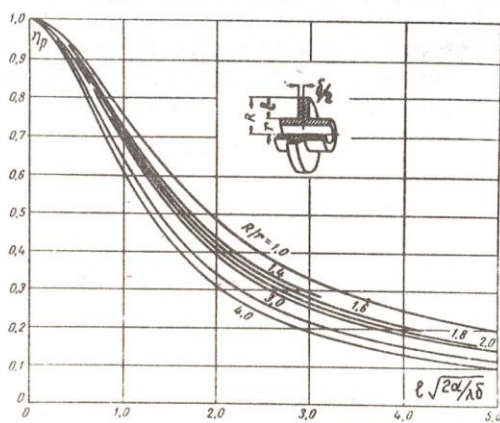


Рис.2.3. Эффективность (к.п.д) круглых ребер постоянной толщины.

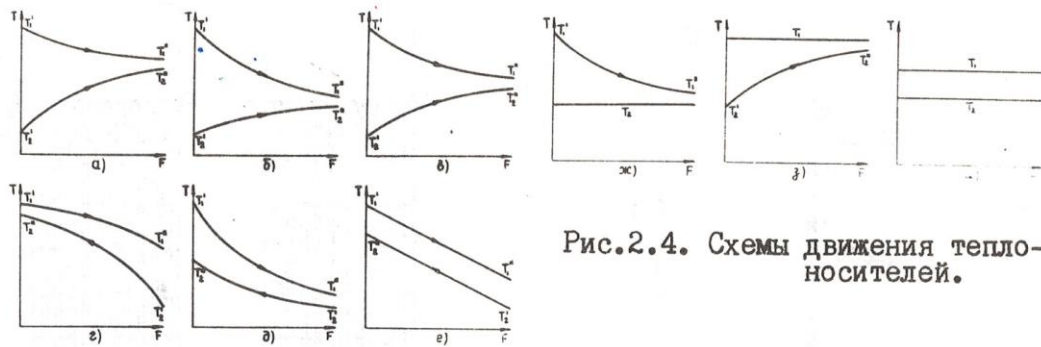


Рис.2.4. Схемы движения теплоносителей.

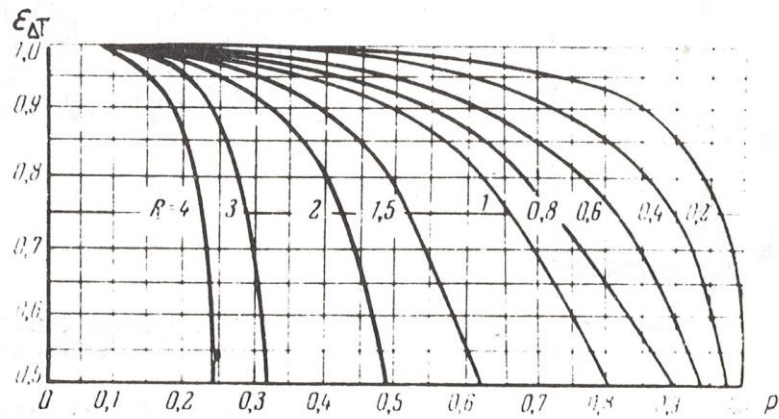


Рис.2.5. Поправка к температурному напору

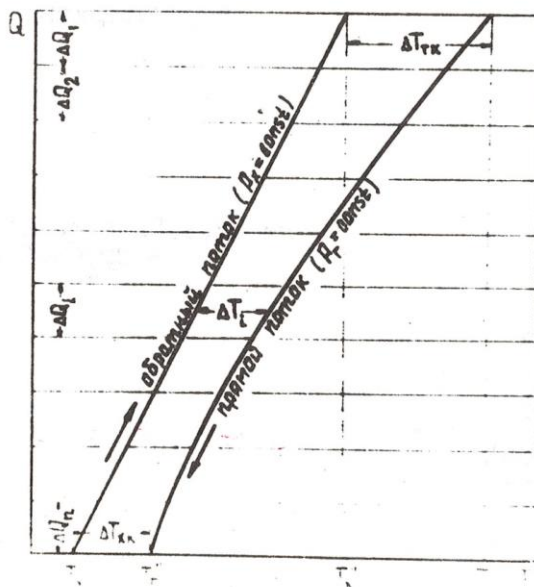


Рис.2.6. Графическое определение среднеинтегрального температурного напора.

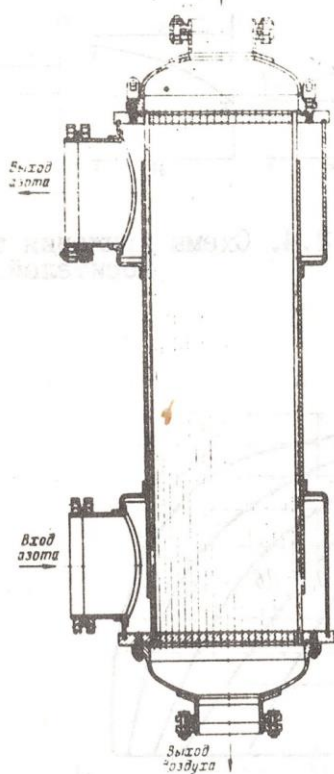


Рис.2.7. Кожухотрубный теплообменник жесткой конструкции.

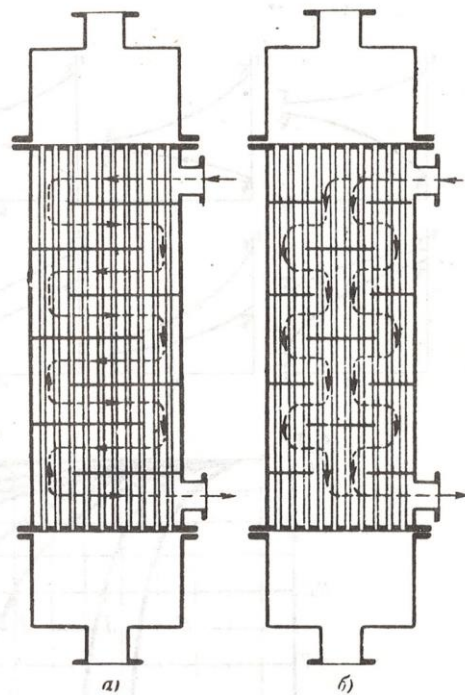


Рис.2.8. Схемы теплообменных аппаратов

- а - с сегментными перегородками
- б - с цилиндрическими перегородками

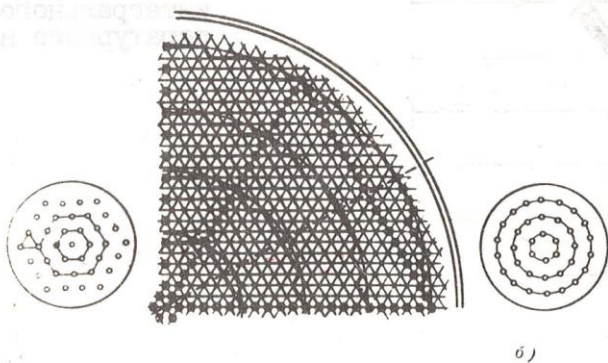


Рис.2.9. Размещение труб в трубной решетке.

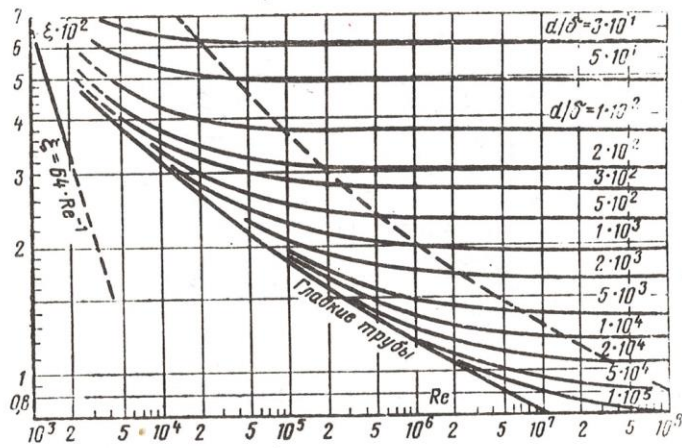


Рис. 2.10. Коэффициент сопротивления для гладких и шероховатых труб.

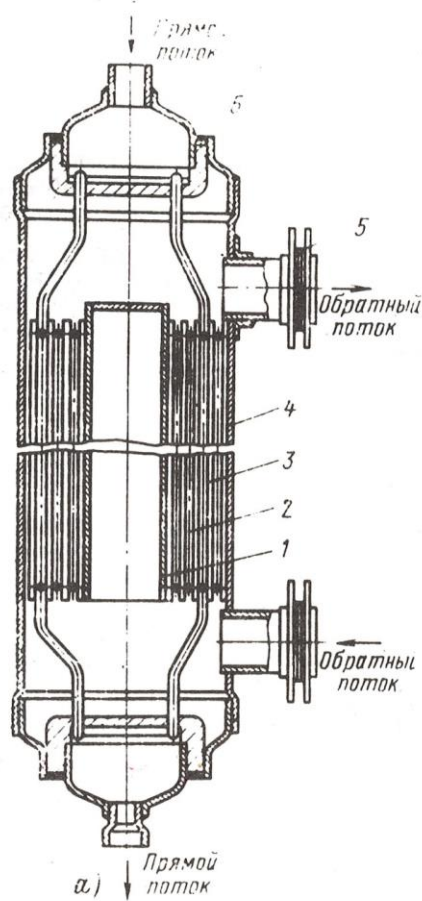


Рис. 2.11. Витой теплообменник.

- 1 - Серечник,
- 2 - трубка,
- 3 - прокладка,
- 4 - обечайка,
- 5 - патрубок,
- 6 - коллектор.

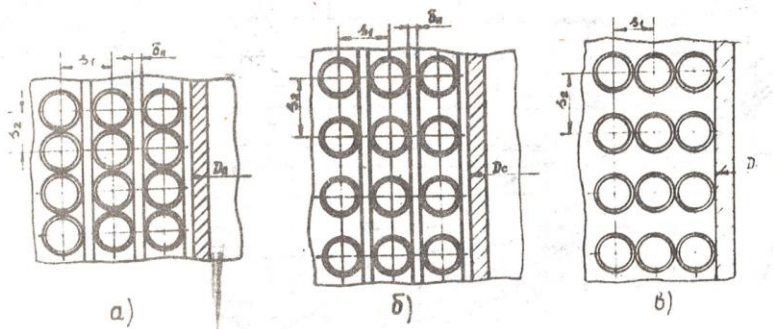


Рис.2.12. Способы навивки труб на сердечник витого теплообменника:
 а - плотная; б - разреженная; в - шаговая.

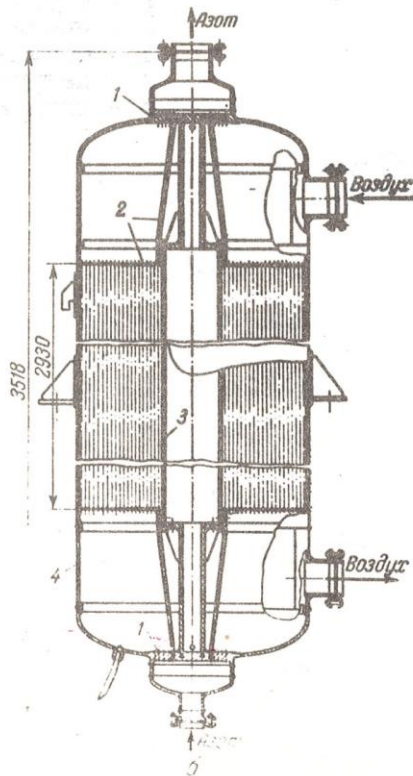


Рис.2.23. Двухпоточный витой теплообменник низкого давления:
 1 - Коллектор,
 2 - трубки,
 3 - сердечник,
 4 - обечайка.

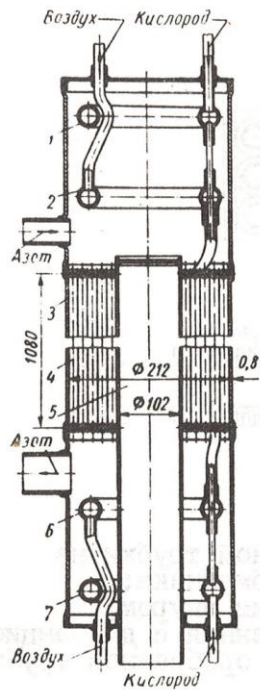


Рис.2.14. Трехпоточный витой теплообменник с кольцевыми коллекторами

- 1,7 - кислородные коллекторы;
- 2,6 - воздушные коллекторы;
- 3 - обечайка,
- 4 - трубки,
- 5 - сердечник.

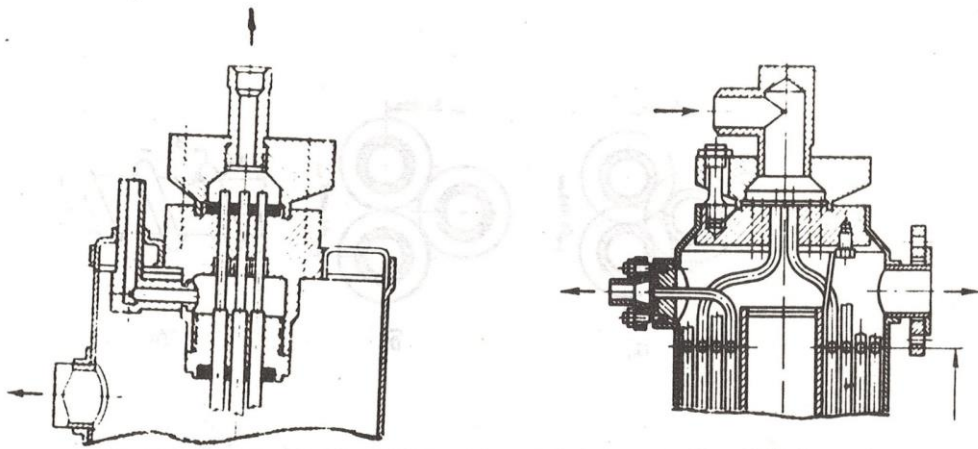


Рис.2.15. Типы фланцевых коллекторов высокого давления.

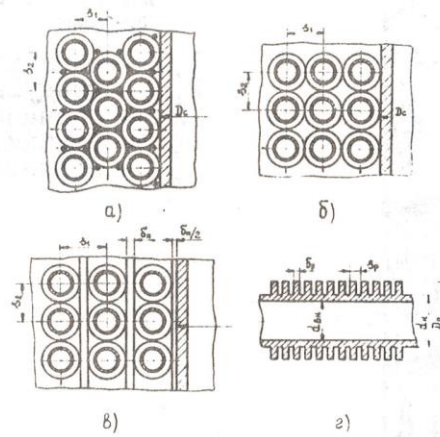


Рис.2.16. Способы навивки оребренной трубки на сердечник витого теплообменника:
 а - плотная с уплотняющим шнуром;
 б - шаговая;
 в - разреженная с дистанционной прокладкой;
 г - профиль оребренной трубки.

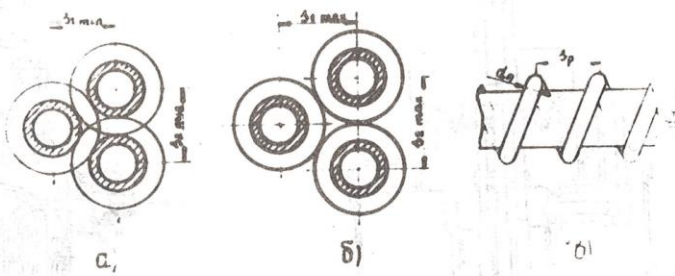


Рис.2.17. Взаимное расположение труб, оребренных проволокой на сердечнике витого теплообменника:
 а - максимально плотная навивка;
 б - плотная навивка;
 в - намотка проволоки на трубку.

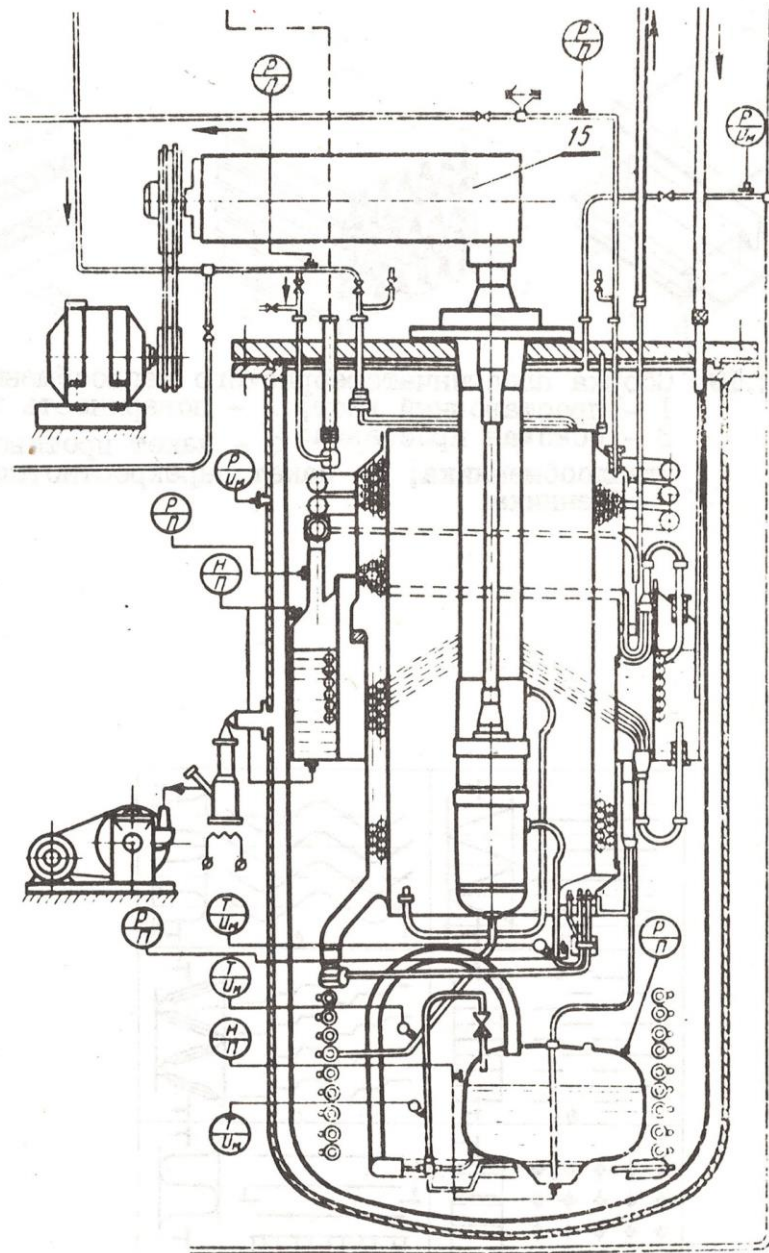


Рис.2.18. Принципиальная схема оживителя Г-45.

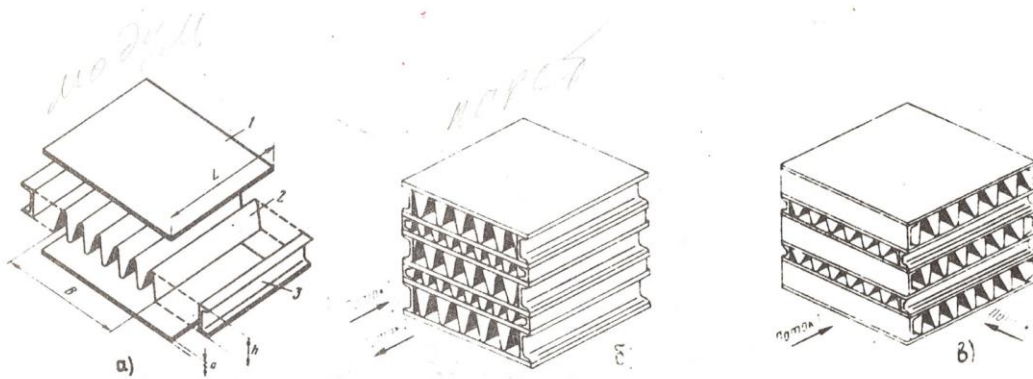


Рис.2.19. Сборка пластинчаторебристого теплообменника:
 1 - проставочный лист; 2 - поверхность оребрения;
 3 - боковая проставка; б - пакет противоточного
 теплообменника; в- пакет перекрестноточного тепло-
 обменника.

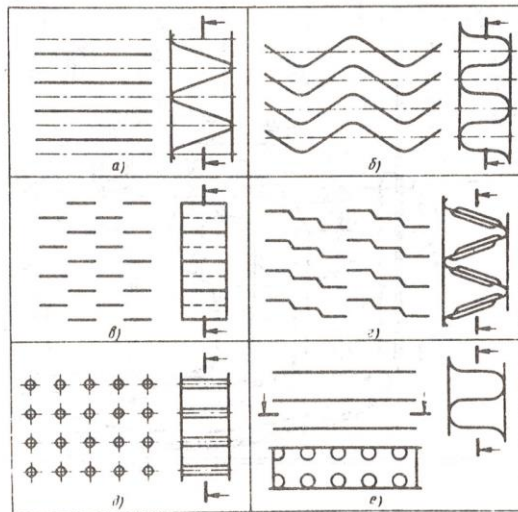


Рис.2.20. Пластинчаторебристые поверхности с различными
 типами ребер: а - гладкими; б-волнистыми;
 в - прерывистыми; г - чешуйчатыми; д-шпиговыми;
 е - перфорированными.

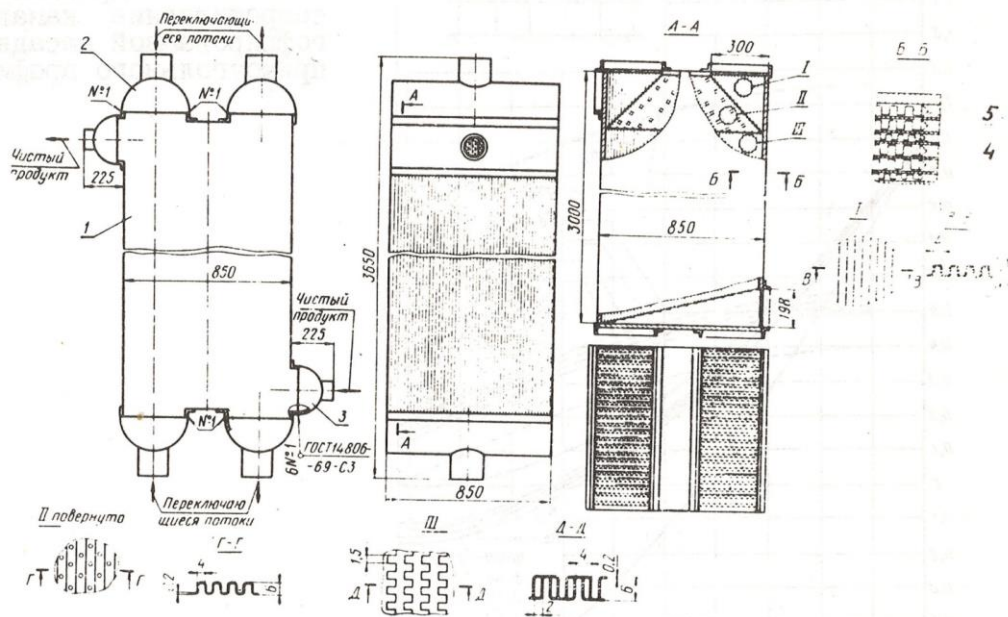


Рис.2.21. Трехпоточный реверсивный пластинчаторебристый теплообменник
 I - пакет; 2, 3 - коллекторы; 4 - ребра типа 12/2; 5 - ребра типа 4/2.

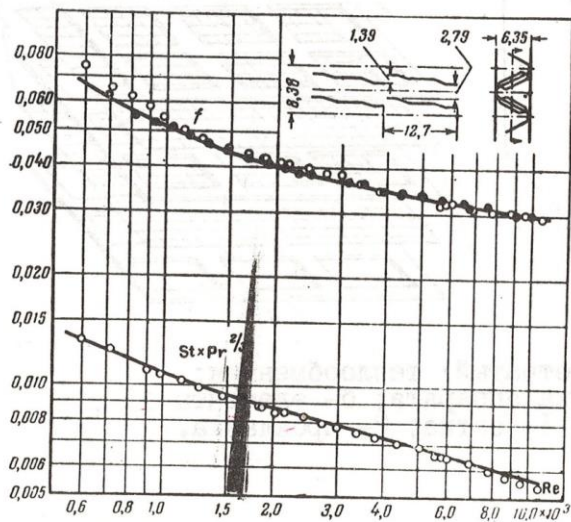


Рис.2.25. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление для поверхности с чешуйчатыми ребрами.

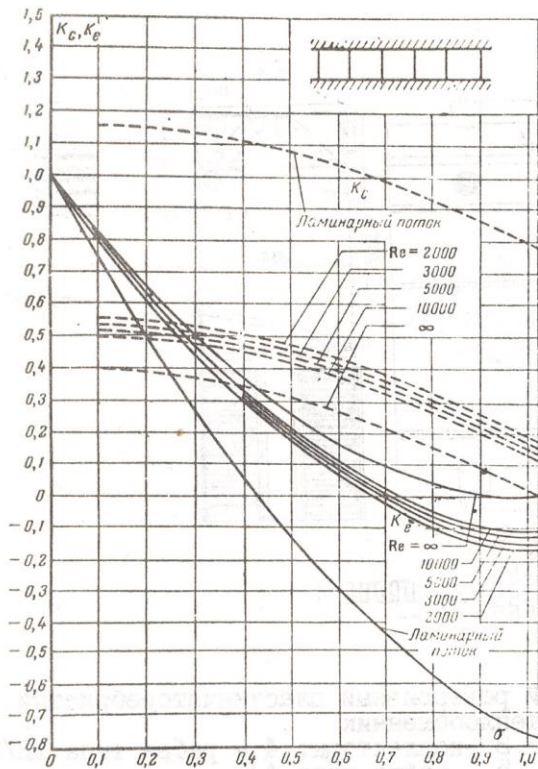


Рис.2.26. Гидравлическое сопротивление каналов с гофрированной насадкой прямоугольного профиля.

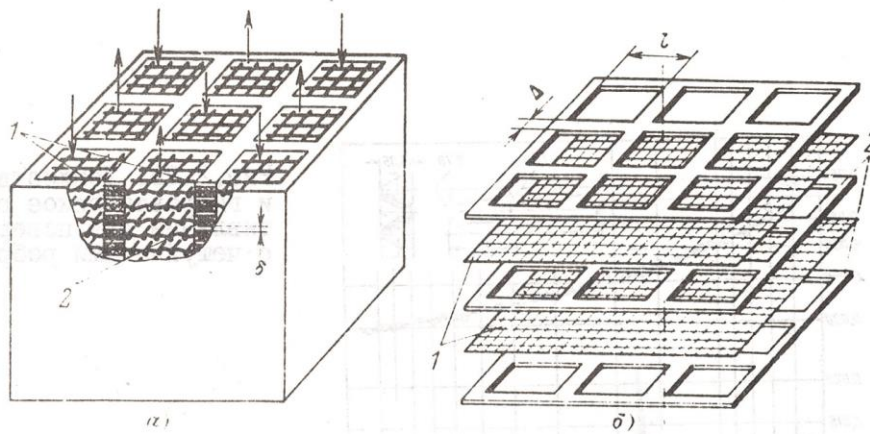


Рис.2.27. Матричный (сетчатый) теплообменник: а - компоновка аппарата; б- элементы конструкции, 1- сетка; 2- прокладка.

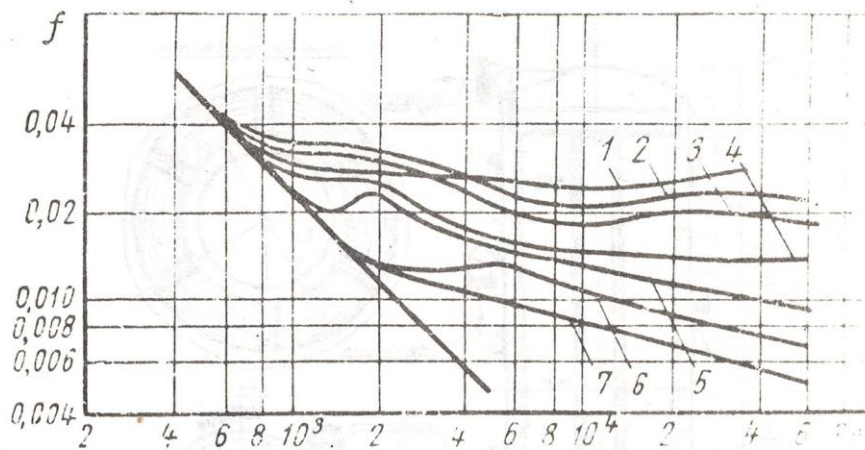


Рис.2.28. Зависимость фактора трения f от Re :
 1 - $x = 0,346$; 2 - $x = 0,338$; 3 - $x = 0,328$;
 4 - $x = 0,228$; 5 - $x = 0,208$; 6 - $x = 0,120$;
 7 - гладкая труба. ($x = v^*/v^{**}$; где v^* - объем зазоров между ребрами, v^{**} - объем кольцевого зазора).

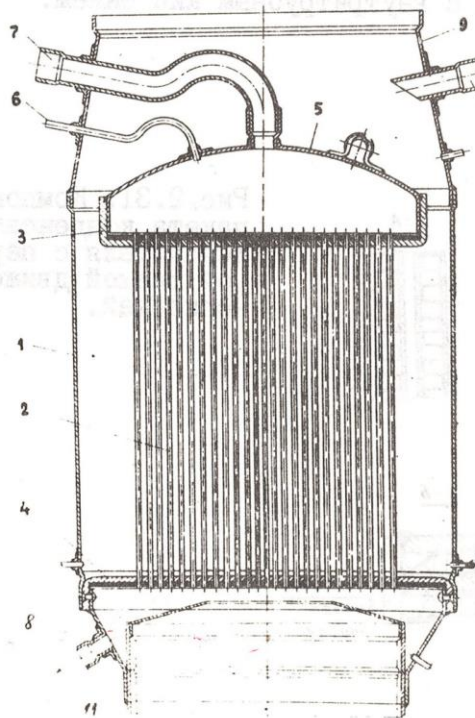


Рис.2.29. Бесфланцевый кожухотрубный конденсатор-испаритель. I - обечайка; 2 - трубка; 3, 4 - коллекторы; 5 - крышка; 6 - продувка; 7 - сброс давления; 8, 9 - переходные конуса; 10 - отбор кислорода; II - слив азота.

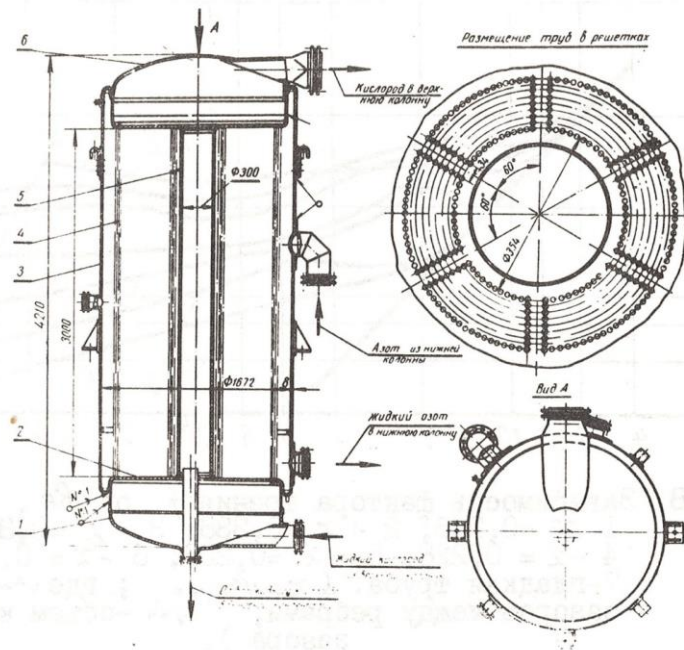


Рис.2.30. Фланцевый кожухотрубный конденсатор-испаритель с внутритрубным кипением.

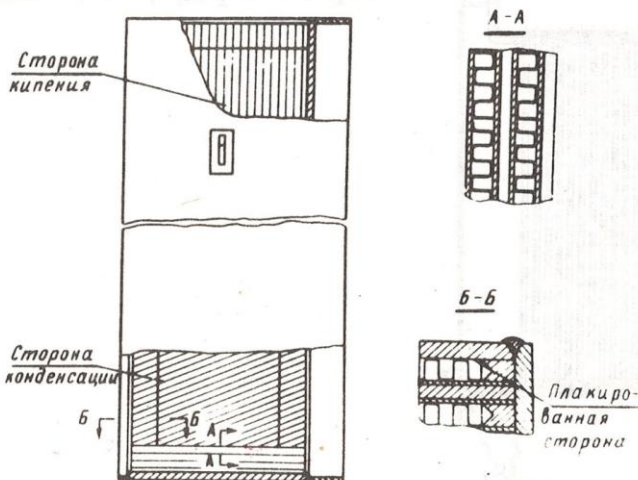


Рис.2.31. Компоновка пакета конденсатора - испарителя с перекрестной схемой движения теплоносителей.

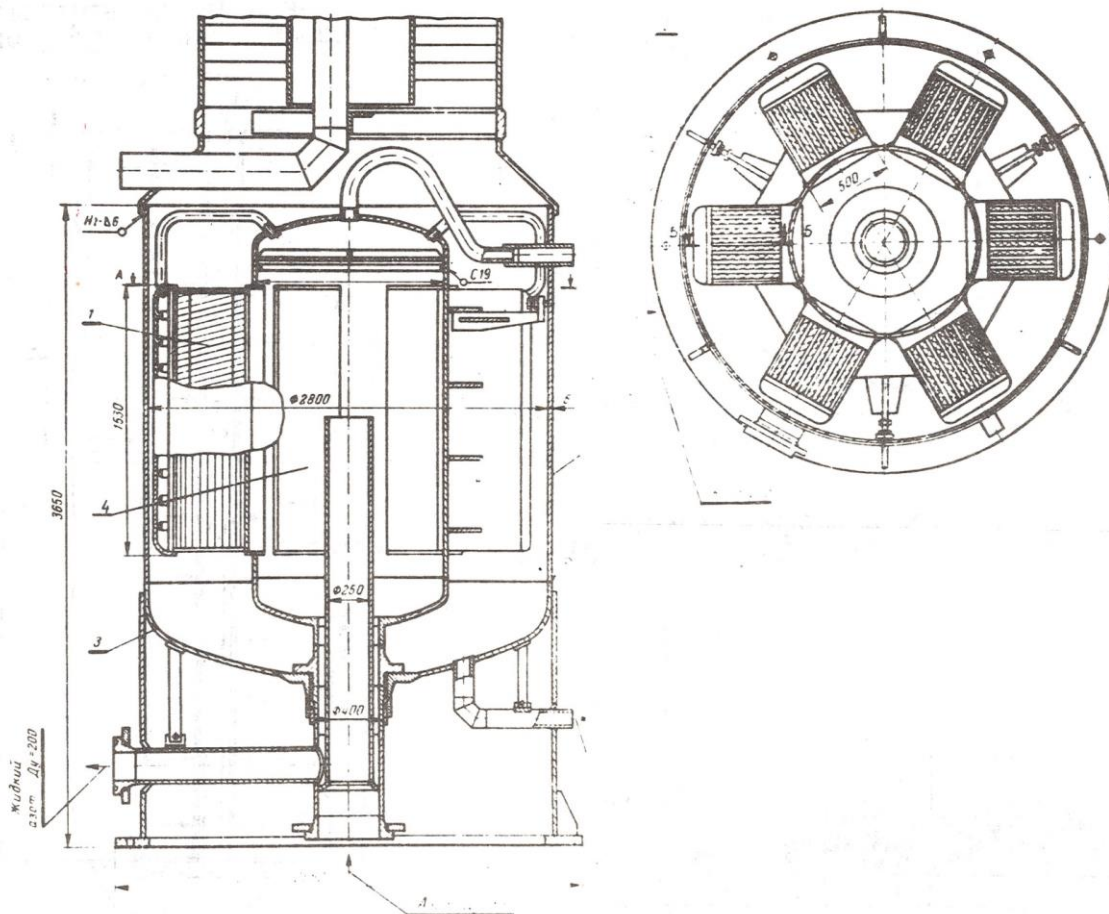


Рис.2.32. Звездообразный пластинчаторебристый конденсатор-испаритель с перекрестными потоками в пакетах.

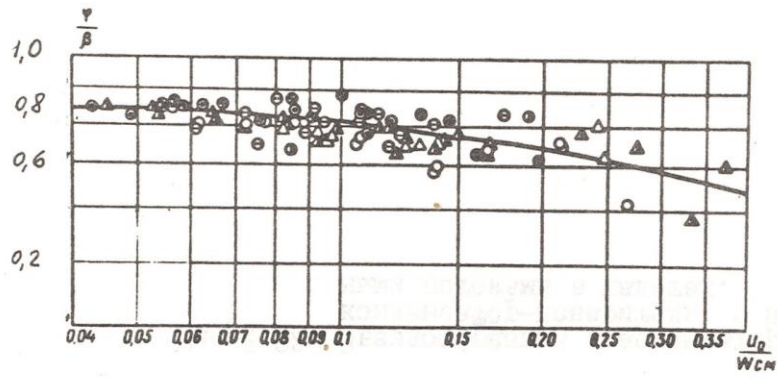


Рис.2.34. Расчетные и экспериментальные результаты по определению истинного паросодержания γ .

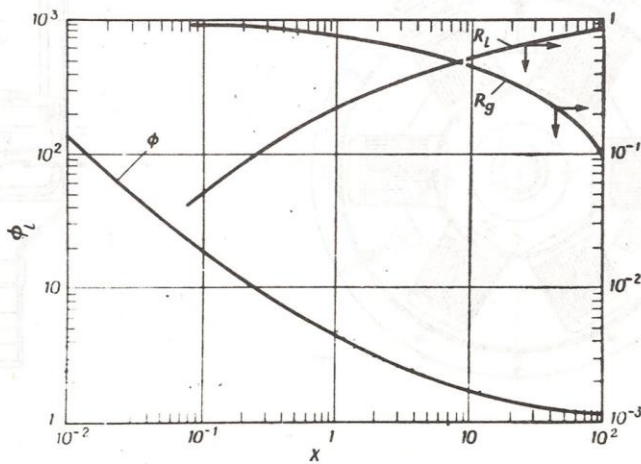


Рис.2.35. Зависимость функции ϕ_L от параметра x .

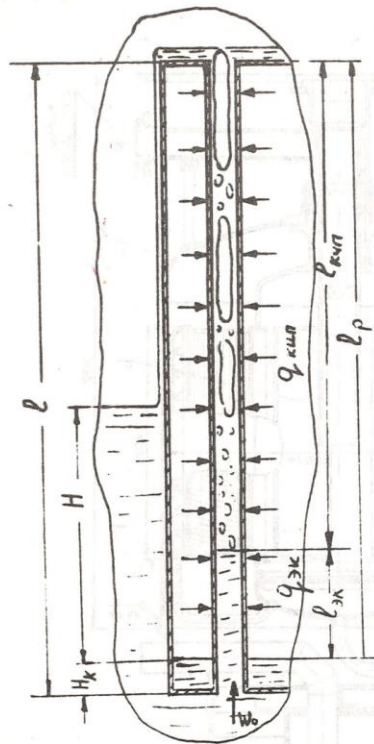


Рис.2.33. Схема контура с естественной циркуляцией.

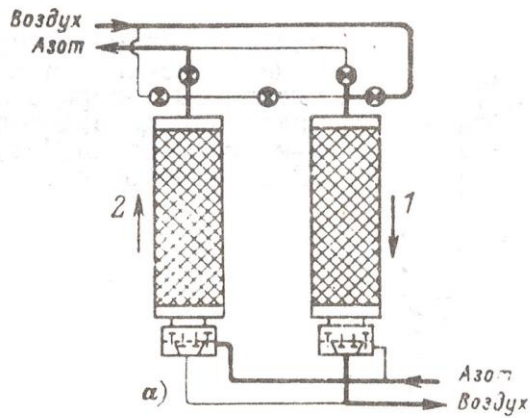


Рис.3.1. Схема включения регенераторов воздухо-разделительной установки.

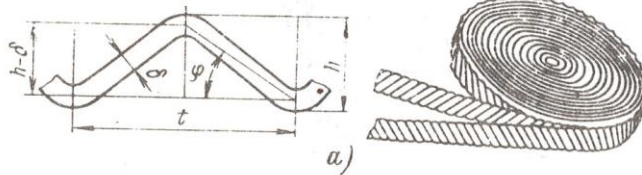


Рис.3.2. Диск из гофрированной алюминиевой ленты
 $б$ - толщина ленты; t - шаг гофра; h - высота гофра.

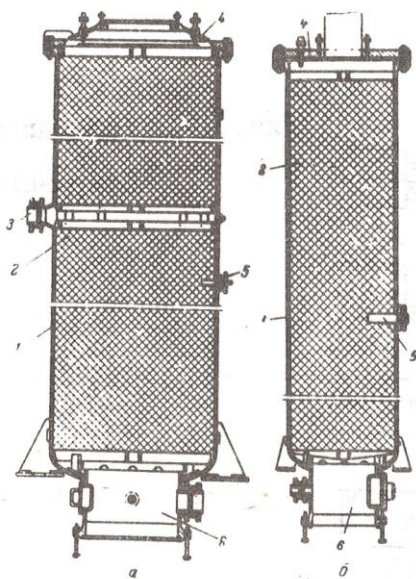


Рис.3.3.Регенераторы установки БР-5.
 $а$ -азотный; $б$ -кислородный; 1-корпус; 2-насадка; 3-штуцер отвода петлевого воздуха; 4-верхняя крышка; 5-штуцер для термометра; 6-горловина коробки автоматических клапанов.

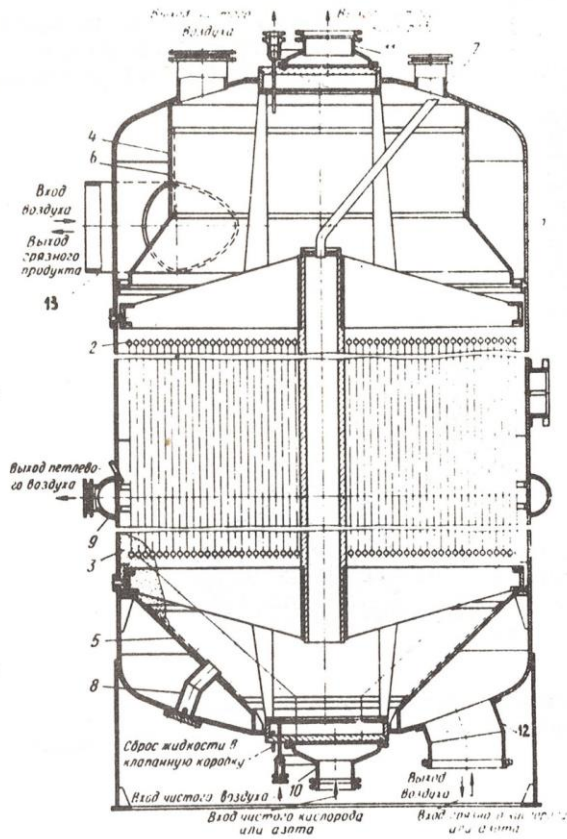


Рис.3.4. Регенератор с засыпной насадкой и встроенным змеевиком. 1-корпус, 2-змеевик; 3-насадка; 4-обечайка; 5-конус; 6-сетка; 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 - патрубки.

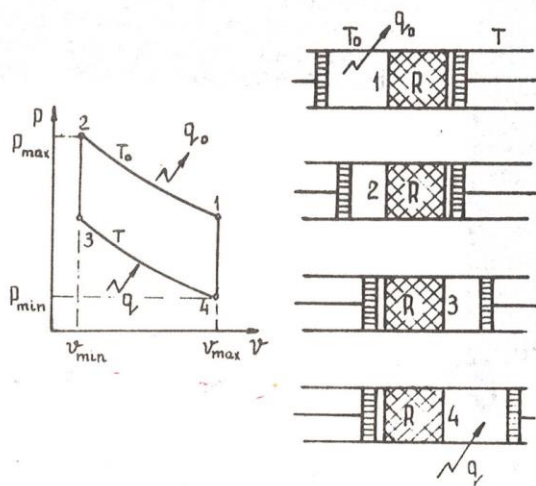


Рис.3.5. Холодильный цикл Стирлинга

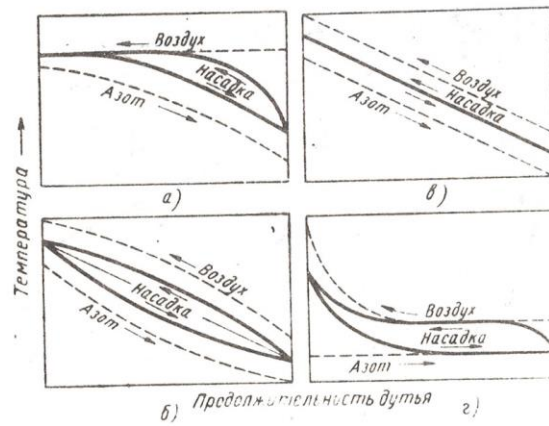


Рис.3.6. Характер изменения температуры газов и насадки регенератора в течении цикла.
 а- теплый конец регенератора; б, в-промежуточные сечения регенератора; г-холодный конец регенератора.

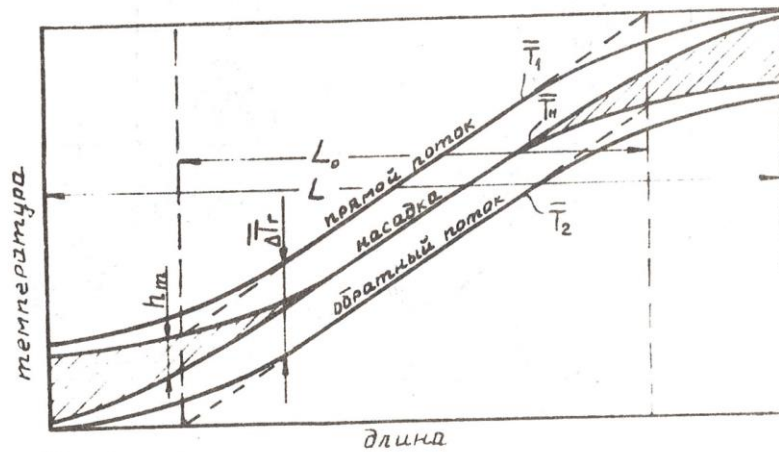


Рис.3.7. Изменение температур насадки и газов по длине регенераторов : - - - - идеального, ————— реального.

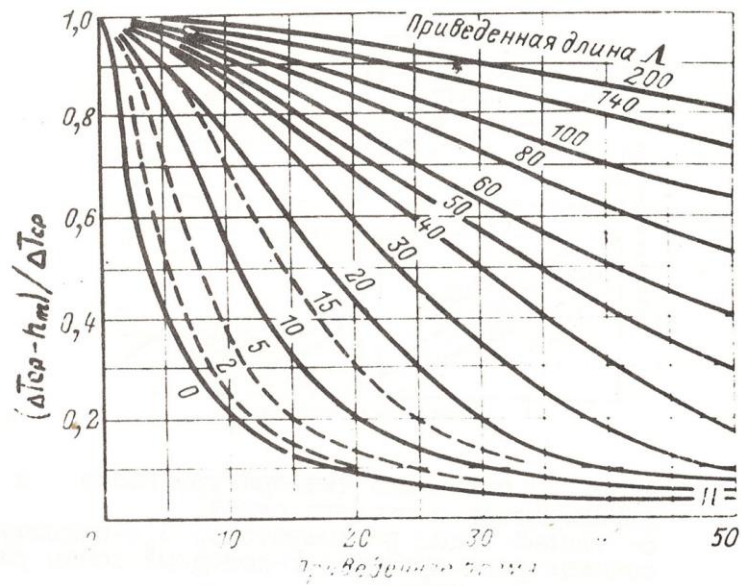


Рис.3.8. Гистерезис регенератора в приведенных координатах.

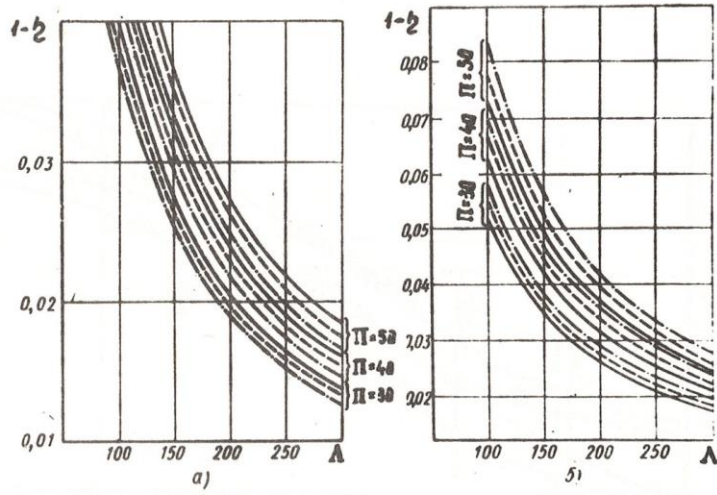


Рис.3.9. Относительные потери от недорекуперации в приведенных координатах
 а- регенератор без отбора воздуха; б-регенератор в отборе петлевого воздуха.

— $n = 1,0$; --- $n = 0,98$; - - - $n = 0,92$
 — $m = 0,08$; --- $m = 0,1$; - - - $m = 0,15$

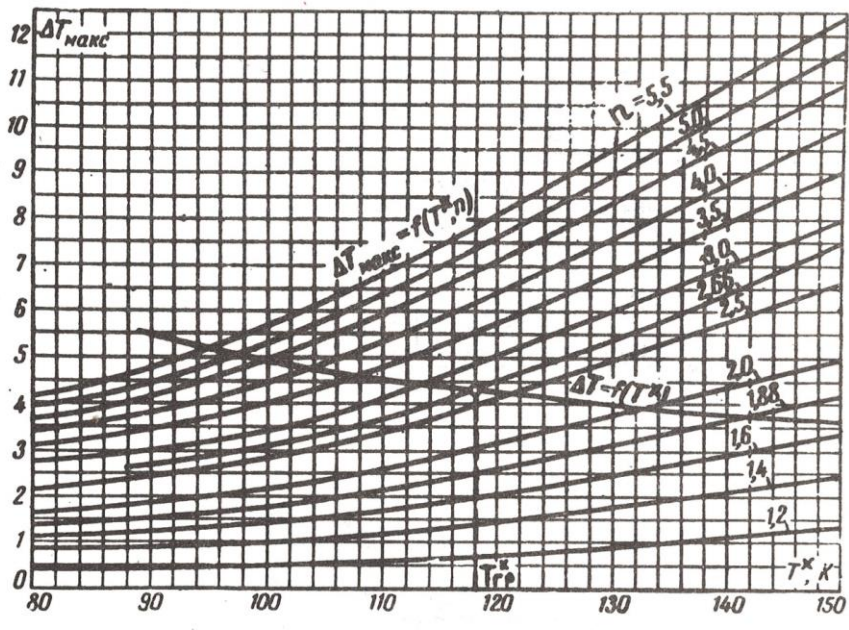


Рис.3.10. Графическое определение температуры, соответствующей началу забиваемости регенератора твердой CO_2 .

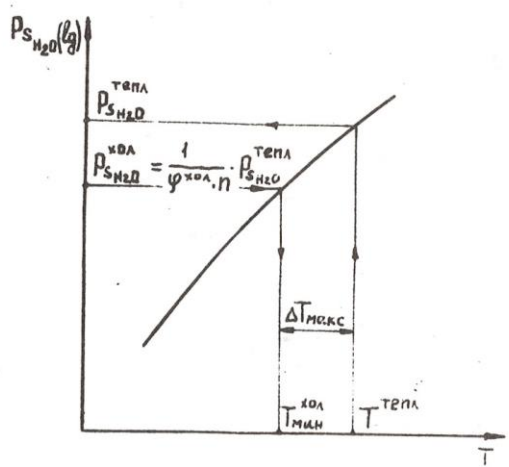


Рис.3.II. Определение приведенного давления

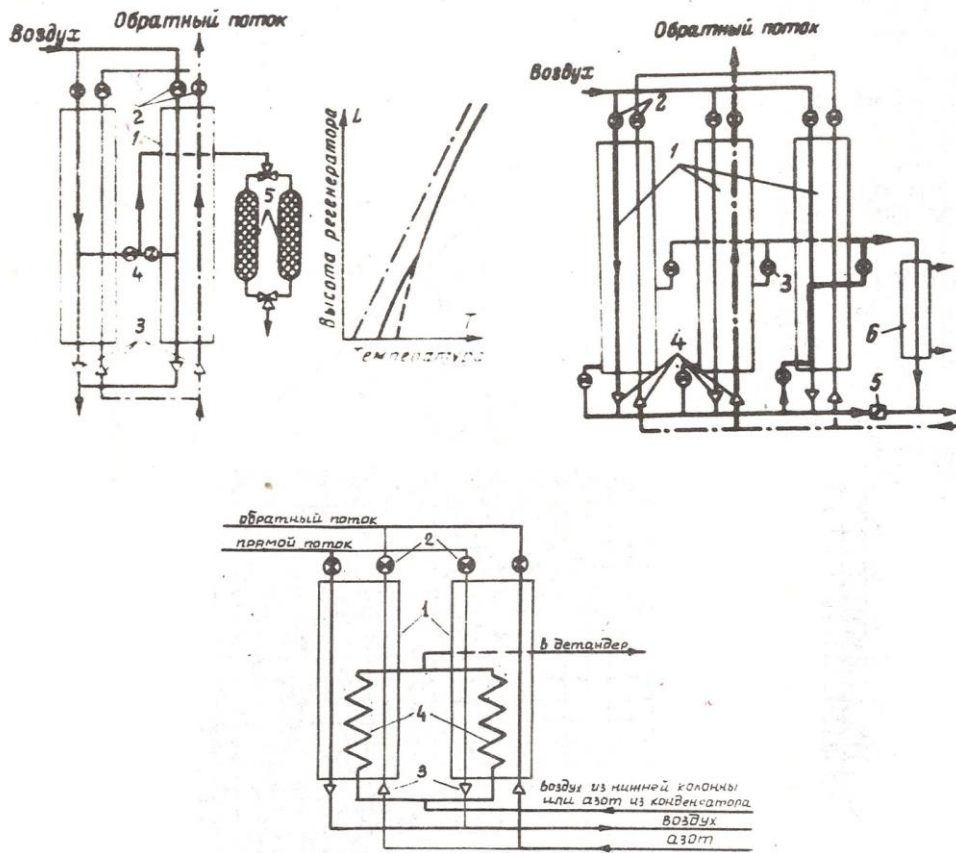


Рис.3.12. Обеспечение незабываемости регенераторов
 а- отбор воздуха из средней части, б-метод
 "тройного дутья", в-непрерывная подача воз-
 духа через змеевики.

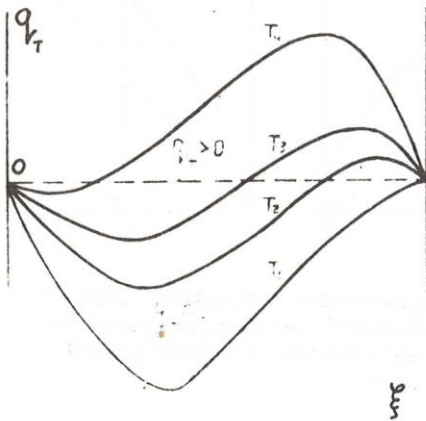


Рис.4.1. Теплота смешения в $q_T - \xi$ координатах

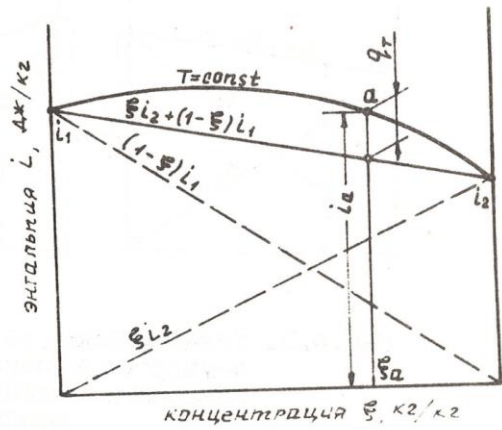


Рис.4.2. Процесс смешения в координатах $i - \xi$.

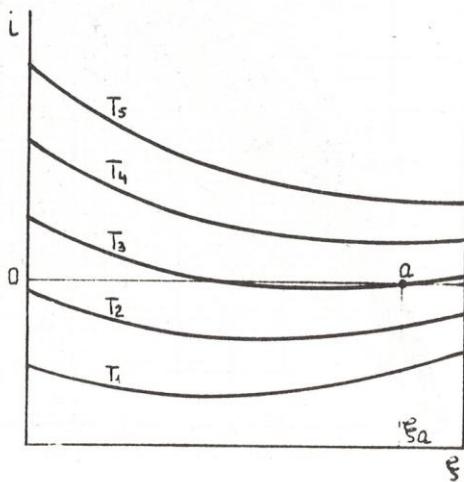


Рис.4.3. $i - \xi$ диаграмма бинарной смеси

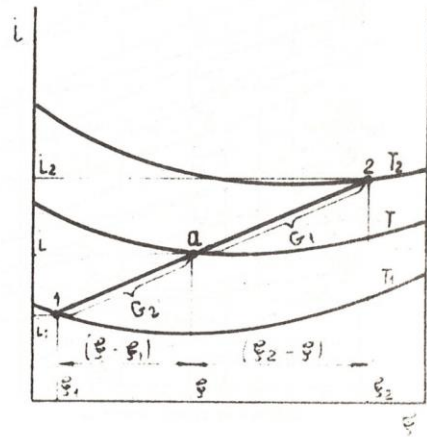


Рис.4.4. Определение параметров смеси на $i - \xi$ диаграмме.

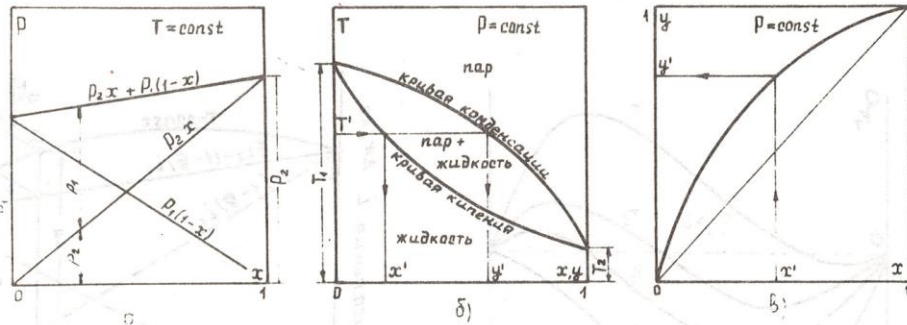


Рис.4.5. Равновесные свойства идеальных бинарных смесей: а-упругость паров над жидкой смесью; б-фазовая диаграмма кипения - конденсации; в- диаграмма равновесия $x-y$.

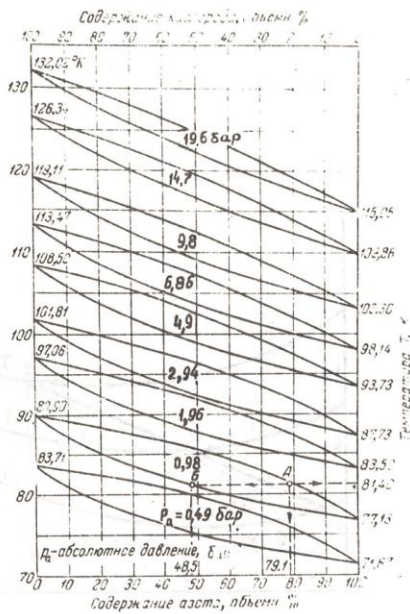


Рис.4.6. Состав смеси азот - кислород

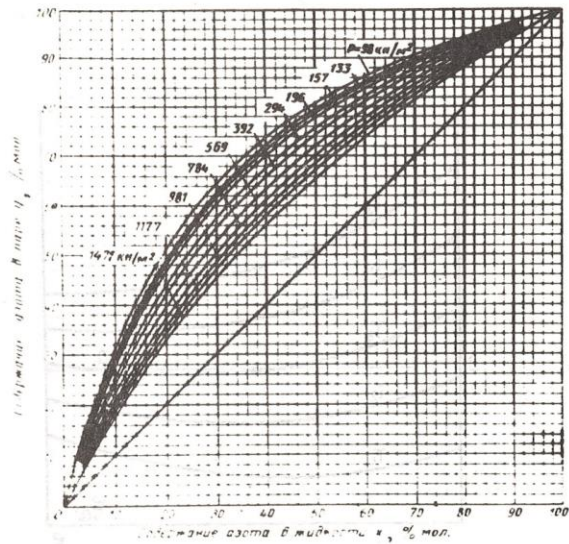


Рис.4.7. Диаграмма равновесия $x-y$ азот -кислород.

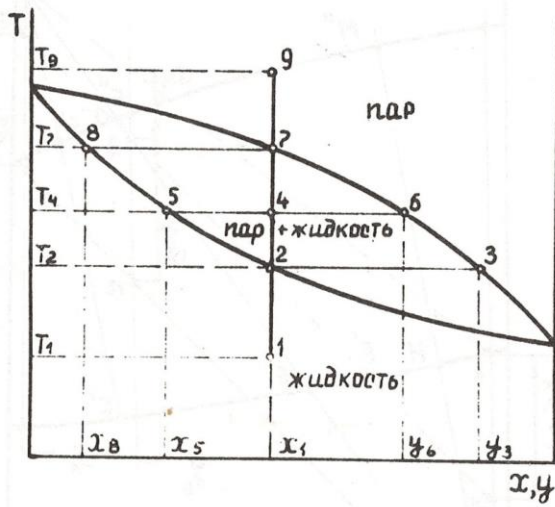


Рис.4.8. Процесс испарения бинарной смеси

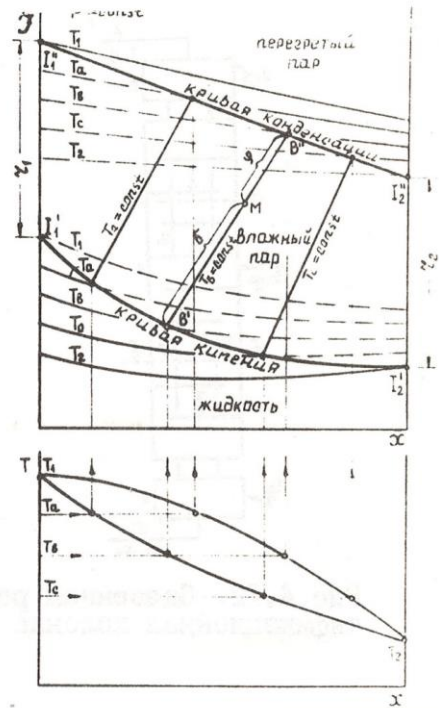


Рис.4.9. Построение $y-x$ диаграммы бинарной смеси

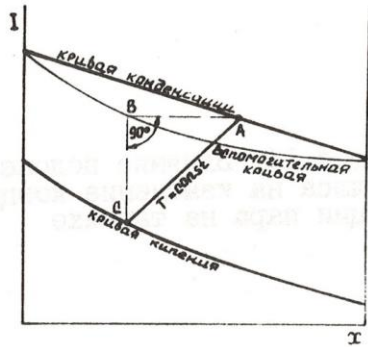


Рис.4.10. Построение изотерм в $y-x$ диаграмме

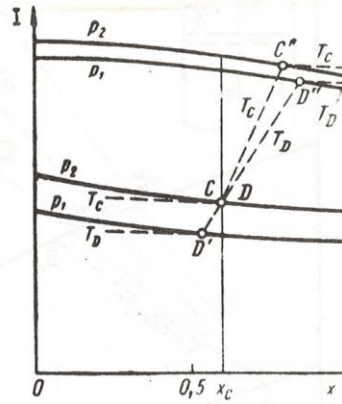


Рис.4.11. $y-x$ диаграмма для двух давлений.

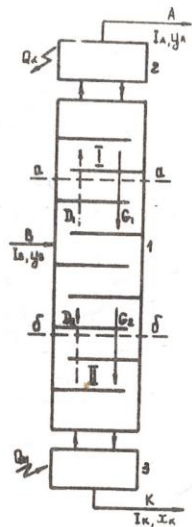


Рис.4.12. Сдвоенная ректификационная колонна

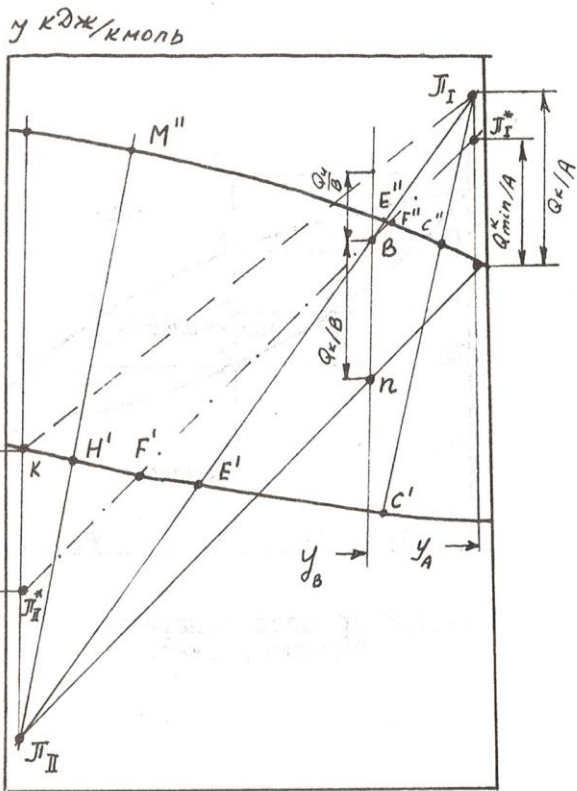


Рис.4.13. Процесс ректификации в $y-x$ диаграмме

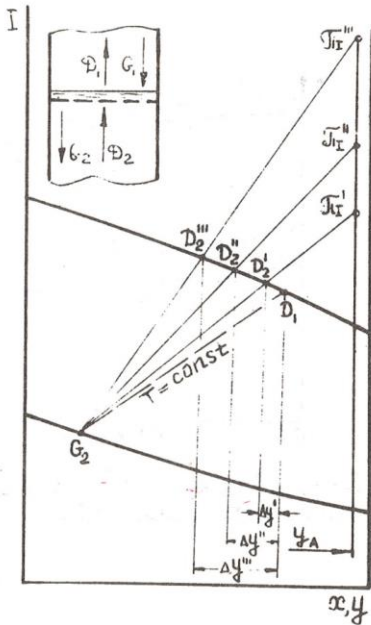


Рис.4.14. Влияние положения полюса на изменение концентрации пара на тарелке

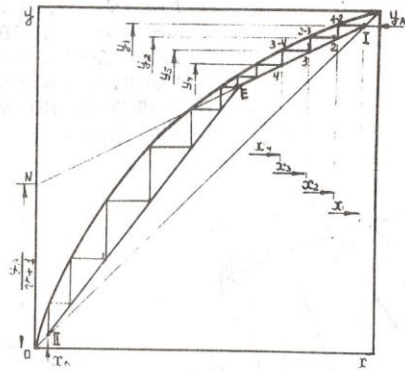


Рис.4.18. Определение числа теоретических тарелок в $y-x$ диаграмме

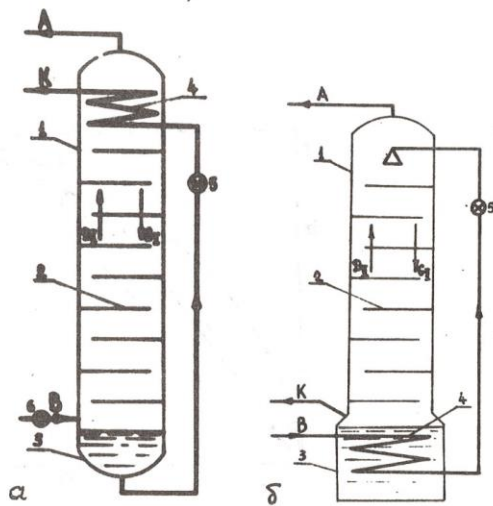


Рис.4.19. Схемы колонн однократной ректификации : а-азотной; б-кислородной

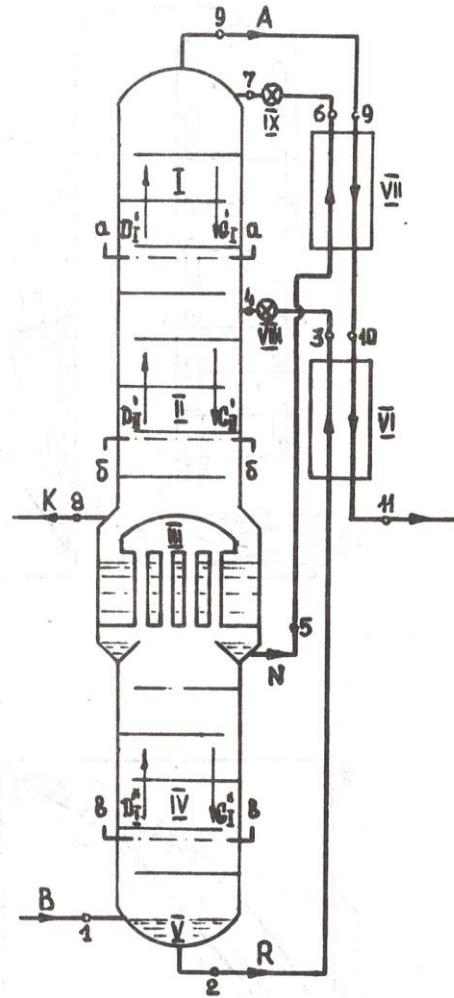


Рис.4.20. Схема колонны двукратной ректификации

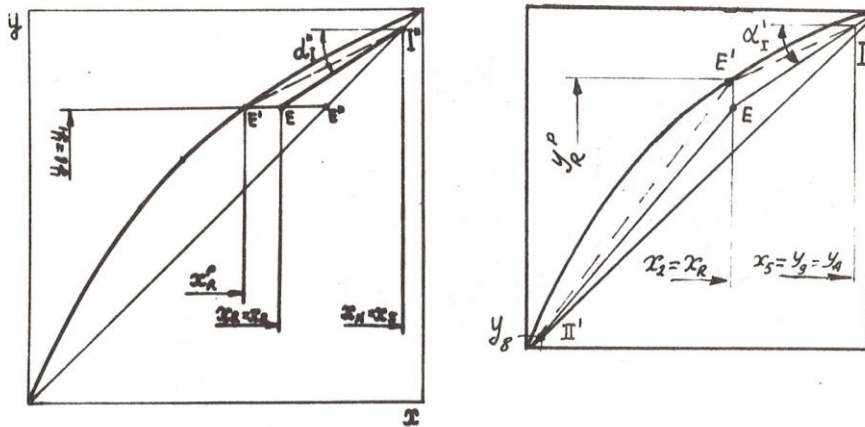


Рис.4.21. К расчету числа теоретических тарелок аппарата двукратной ректификации:
а - в нижней колонне; б - в верхней колонне.

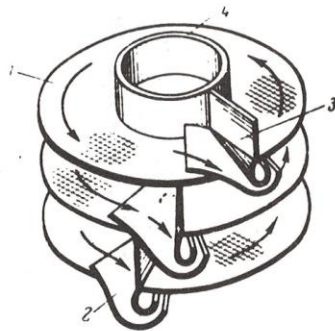


Рис.4.22. Кольцевые ситчатые тарелки:
1- сетка; 2-перелив; 3-подпорная перегородка

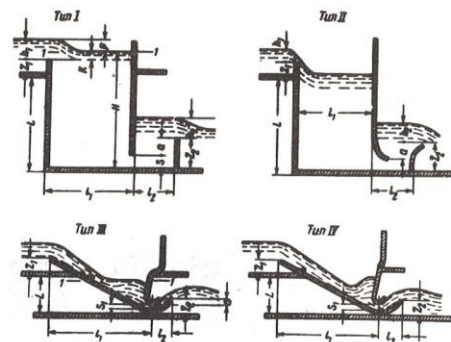


Рис.4.23. Периливные устройства ситчатых тарелок

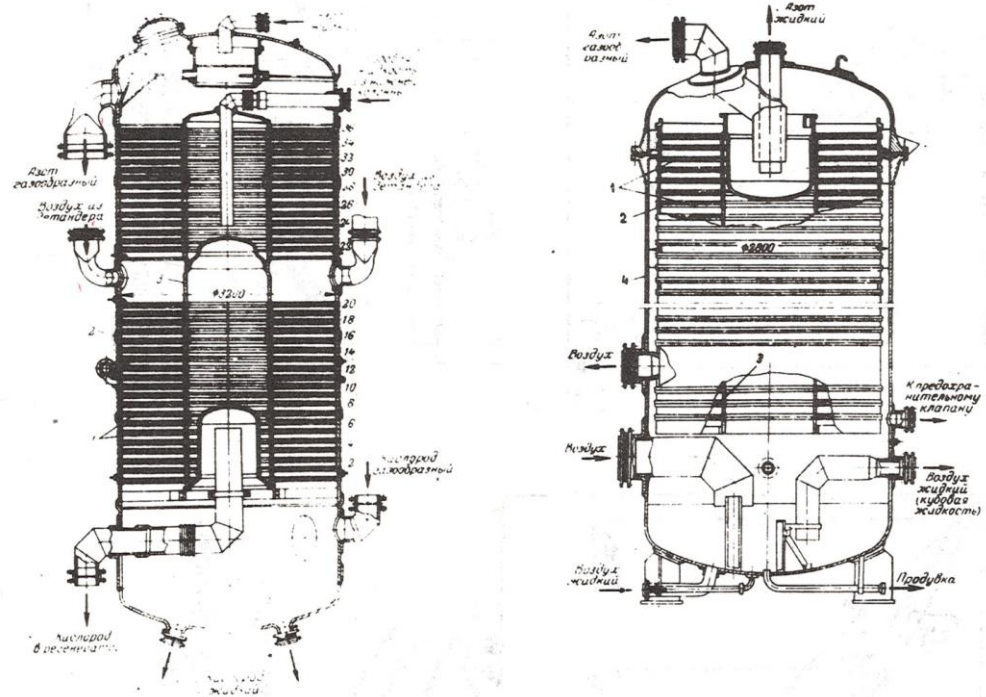


Рис.4.24. Верхняя (а) и нижняя (б) колонны установки БР-I :
 1- кольцевые ситчатые тарелки; 2- наружная обечайка;
 3- внутренняя обечайка; 4 - корпус.