

4.4. Получение низких температур и сжижение газов.

Подробнее см в книгах. Литература (Сивухин §105, Ипатова и др. 1 том §16.4)

Сжижение газов достигается при температуре ниже $T_{кр}$ при сжатии. Однако существует много газов, которые нельзя при комнатной температуре сжижать: O_2 , H_2 , N_2 , He .

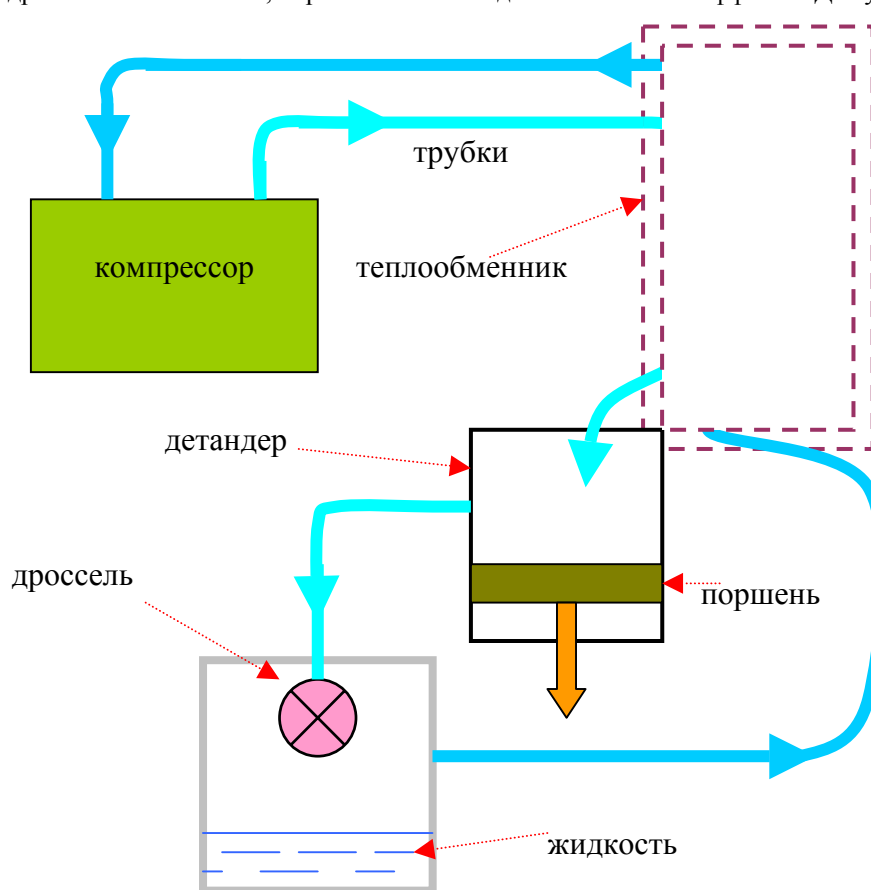
Газ	$T_{кр}$ (K)	T (кипения при 1 атм) (K)
N_2	126.1	77.32
O_2	154.4	90.1
H_2	33.3	20.4
He	5.2	4.21

Для сжижения газов необходимо поучить низкие температуры. Существует 3 основных метода получения низких температур:

- 1) испарение жидкостей (холодильные машины, в том числе домашние холодильники)
- 2) эффект Джоуля-Томсона
- 3) обратимое адиабатическое расширение газов с совершением внешней работы

Созданы циклы для непрерывного сжижения газов.

Машина Линде (немецкий инженер, 1842-1932 г.г.) использовала эффект Джоуля – Томсона. Пористую перегородку заменяли узким отверстием (дросселирование). В общих чертах схема действия машины Линде состоит в следующем. Сжатый компрессором газ охлаждается проточной водой, проходит через дроссельный вентиль, при этом охлаждается за счет эффекта Джоуля – Томсона и поступает в



противоточный теплообменник, охлаждая при этом новый сжатый газ, который поступает в дроссель и т.д.

Детандеры (см также схемы в учебниках) – машины, использующие адиабатическое расширение (для совершения работы и охлаждения) и эффект Джоуля – Томсона. Однако в детандерах существует проблема смазки, которая при низких температурах неэффективна.

Метод Клода (французский инженер) (см схемы в учебниках). Клод использовал для смазки прокладки из сухой кожи. П.Л. Капица (1934) внес существенный вклад в решение проблемы: он использовал воздушный зазор вместо смазки трущихся поверхностей, а вместо поршня детандера использовал турбину.

Отсюда название машин – *турбодетандеры*.

Более простые способы получения сжиженных газов – однократное адиабатическое расширение сжатого газа. Однако, это не всегда сопровождается успехом. Так, Кальете (1877) пытался получить сжижение воздуха, а Ольшевский (1887) – сжижение водорода безуспешно. Жидкий водород был впервые получен в 1898 г. Дьюаром непрерывным способом. Жидкий гелий был получен в 1908 г. Камерлингом – Оннесом. И только в 1932 году Симон получил жидкий гелий однократным адиабатическим расширением.

Еще один способ понижения температуры – кипение жидкости при пониженном давлении. Сверхнизкие рекордные температуры получаются при адиабатическом размагничивании парамагнитных солей. Рекорд в настоящее время достигает температуры $\sim 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}$.