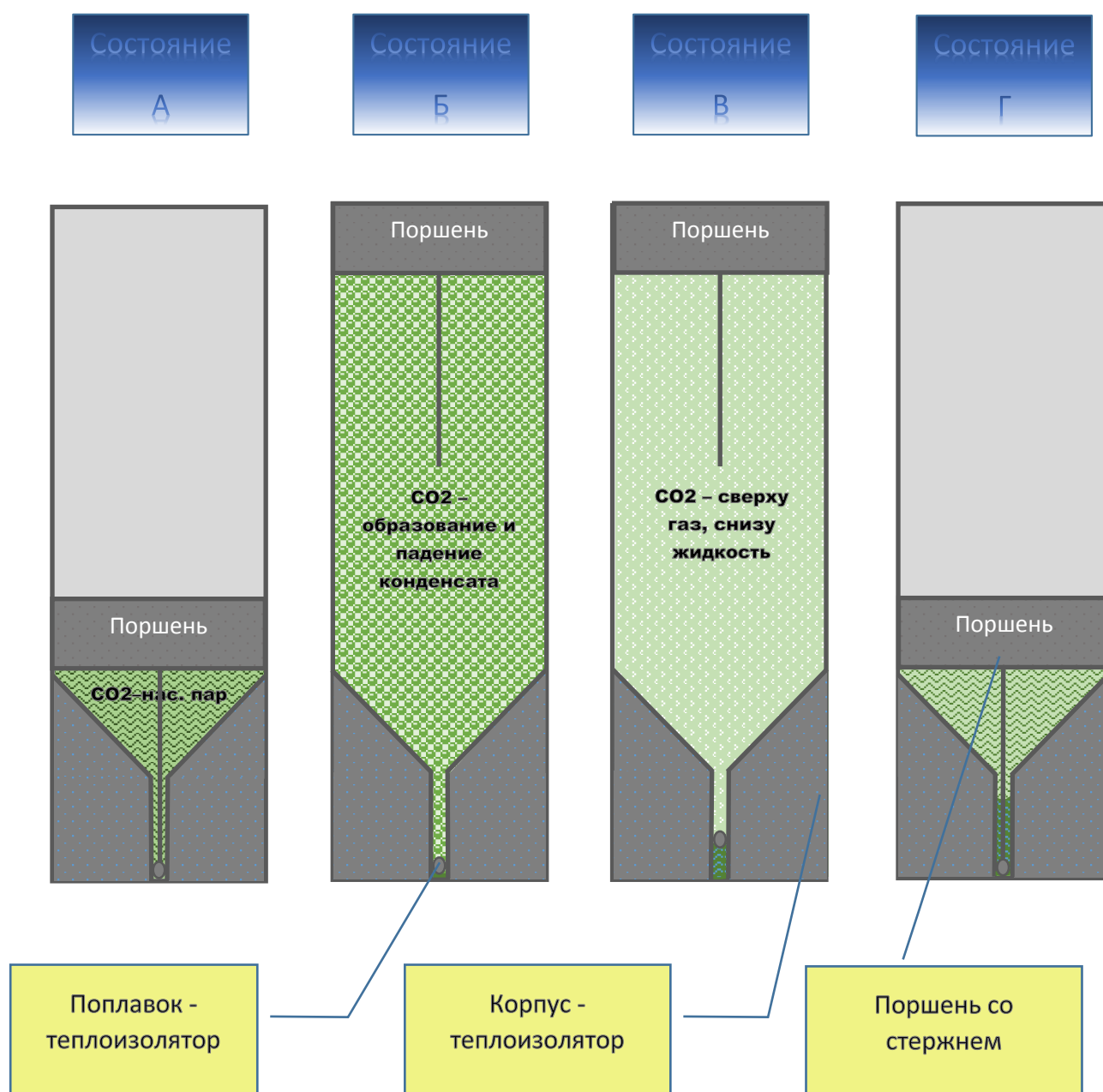


## Источник энергии: испарение – конденсация

Рассмотрим адиабатическое расширение и сжатие насыщенного пара углекислоты внутри герметичного цилиндра действием поршня через состояния А – Б – В – Г, см. рис. 1.

Герметичный цилиндр и поршень состоят из теплоизоляционного материала. Цилиндр имеет в своей нижней части сужение внутренней поверхности наподобие воронки с горловиной.

Рис. 1



При адиабатическом расширении углекислого газа поршнем (рис. 1, состояния А – Б) часть его молекул перейдёт в жидкую фазу, вследствие, сильного охлаждения газовой среды. Образовавшийся конденсат углекислого газа при адиабатическом расширении под действием силы гравитации будет собираться в узкой горловине воронки (рис. 1, состояние В).

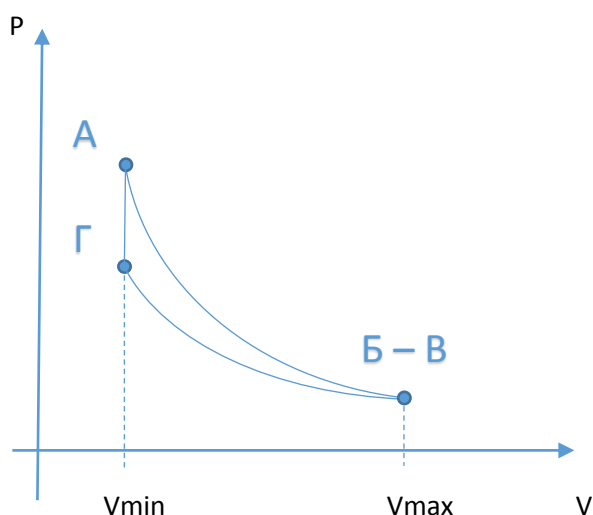
В горловине воронки на поверхности жидкой фазы плавает поплавок – теплоизолятор, плотностью меньшей плотности образовавшегося конденсата углекислого газа. Цель поплавка – воспрепятствовать теплообмену между конденсатом и паром углекислоты до тех пор, пока поршень не вернётся в исходное состояние. При возврате поршня в исходное состояние стержень, жёстко присоединённый к поршню, топит поплавок на дно горловины и, тем самым, открывает процесс теплообмена между конденсатом и паром углекислоты (рис. 1, состояние Г). В процессе этого теплообмена конденсат углекислоты переходит обратно в газовое состояние, а температура газа становится равной первоначальной, система «поршень – цилиндр» возвращается в исходное состояние как замкнутая система (рис. 1, состояние А).

При опускании поршня (рис. 1, В – Г) следует учесть, что часть сжимаемого углекислого газа перейдёт в конденсируемое состояние на границе двух фаз, вследствие, проникновения газа через зазор между стенками горловины и поплавком, и охлаждения газа за счёт уже образованного конденсата, который, в свою очередь, будет нагреваться.

Сопровождающиеся при этом конденсация и испарение углекислоты могут являться источником энергии для потребителя, вследствие, образования разности давлений под поршнем за полный его поступательно – возвратный ход А – Б – В – Г (рис. 2). При отводе полезной работы потребителю внутренняя энергия системы «цилиндр – поршень» уменьшится на величину этой работы, это уменьшение можно восполнить теплообменом системы «цилиндр – поршень» с окружающей средой.

Полезная работа, которую можно отвести потребителю, равна площади фигуры А – Б – В – Г – А без учёта затрат энергии на преодоления сил трений, а также тепловых потерь.

Рис. 2



### Расчёт разности давления.

Для теплоизолированной системы под поршнем с объёмом  $V_{\min}$  (см. рис. 2, у нас начальный объём равен конечному:  $V_{\min}$ ) энтальпия будет равна:

$$H = U + P \times V_{\min}, \quad (1)$$

здесь:  $H$  – энтальпия системы, Дж.;  $U$  – внутренняя энергия системы, Дж.;  $P \times V_{\min}$  – работа, которую может произвести поршень, вытесняя объём  $V_{\min}$  в равновесной системе, Дж.

При переходе системы от состояния А к состоянию Г с учетом её теплоизоляции принимаем во внимание ( $\Delta$  – это прирост):

$$\Delta H = 0 \quad (2)$$

$$\Delta U + \Delta P \times V_{\min} = 0 \quad (3)$$

Поскольку конденсация происходит с выделением теплоты конденсации ( $Q_{\text{конд.}}$ ):

$$\Delta U = Q_{\text{конд.}} \quad (4)$$

Перепишем (3) с учётом (4):

$$Q_{\text{конд.}} + \Delta P \times V_{\min} = 0 \quad (5)$$

Получаем:

$$\Delta P = - Q_{\text{конд.}} / V_{\min}, \quad (6)$$

здесь:  $Q_{\text{конд.}}$  – теплота конденсации, Дж.;  $V_{\min}$  – начальный и конечный объём пространства под поршнем за цикл А – Б – В – Г,  $\Delta P$  – разность давлений между состояниями А и Г.

Вывод: изменение давления, вызванное конденсацией газовой среды при адиабатическом процессе расширения и последующем сжатии, равно с отрицательным знаком теплоте конденсации газовой среды, поделённой на минимальный объём пространства под поршнем.