

**ТОПЛИННИ ДВИГАТЕЛИ.
ЦИКЪЛ НА КАРНО. ВТОРИ
ПРИНЦИП НА
ТЕРМОДИНАМИКАТА**

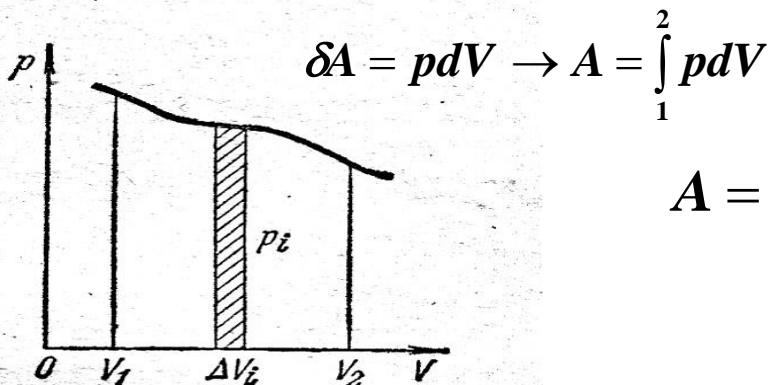
I. ТОПЛИННИ ДВИГАТЕЛИ

1. Определение: ТДС, в която многократно се извършва цикличен (кръгов) процес, който превръща количество топлина в полезна работа .

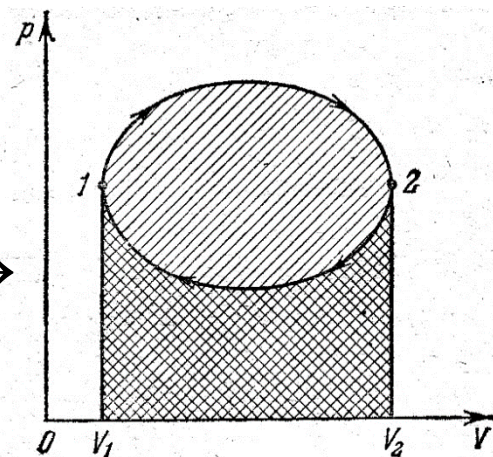
2. Особенности на топлинните двигатели:

- Извършват многократно някакъв кръгов процес(цикъл)
- При тях работното вещество е газ който извършва цикличен процес при който се редуват процеси на разширение и свиване на газа.
- Ще смятаме, че газа който извършва цикличния процес се подчинява на уравнението за състоянието на идеален газ.

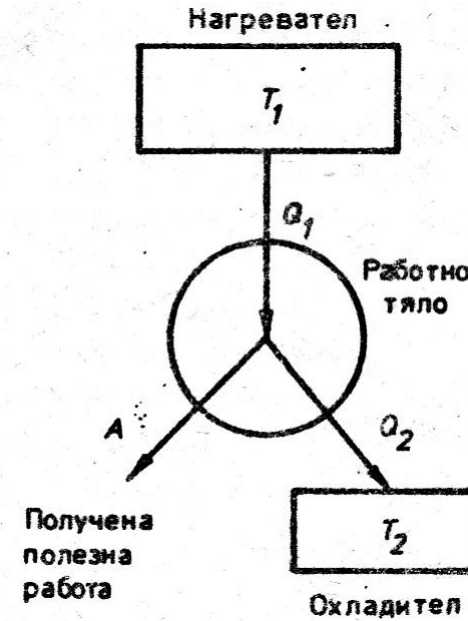
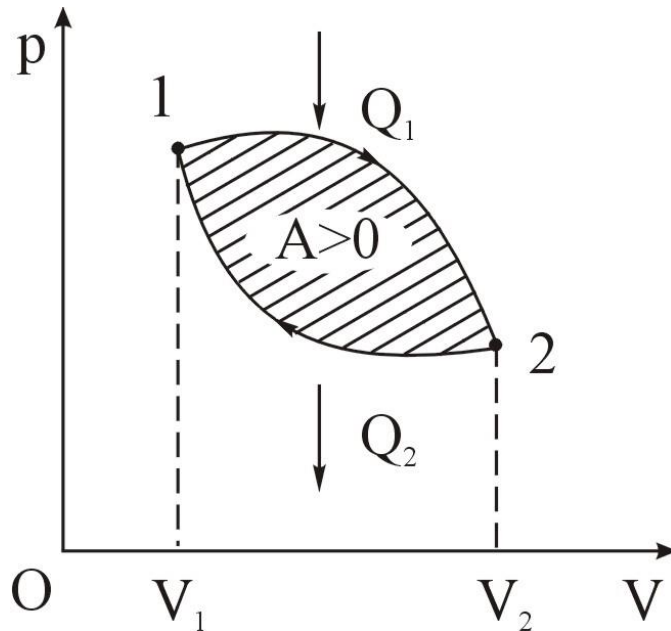
3. Графично представяне на работа извършена при даден термодинамичен процес в една p-V диаграма: налягането е функция на обема $p=p(V)$ и при извършване на ТДП е некаква крива. Работата извършена от газа е лицето на площта заключена между $p=p(V)$, абцисната ос и вертикалите издигнати от началното и крайното състояние до пресичане с $p=p(V)$.



$$A = A_{12} - A_{21} \rightarrow$$



4. **Прав кръгов процес (топлинен двигател):** Нека газа намиращ се в състояние 1 (p_1, V_1, T_1) се разширява до някакво междинно състояние 2 (p_2, V_2, T_2) получавайки количество топлина от околната среда (нагревател) Q_1 състояние 2 (p_1, V_1, T_1)



$$1 \rightarrow 2: U_2 - U_1 = Q_1 - A_{12} \quad \text{изваждаме по членно}$$

$$2 \rightarrow 1: U_1 - U_2 = -Q'_2 + A'_{21}$$

$$0 = Q_1 - Q'_2 + A'_{21} - A_{12} \rightarrow A = A_{12} - A'_{21} = Q_1 - Q'_2 > 0$$

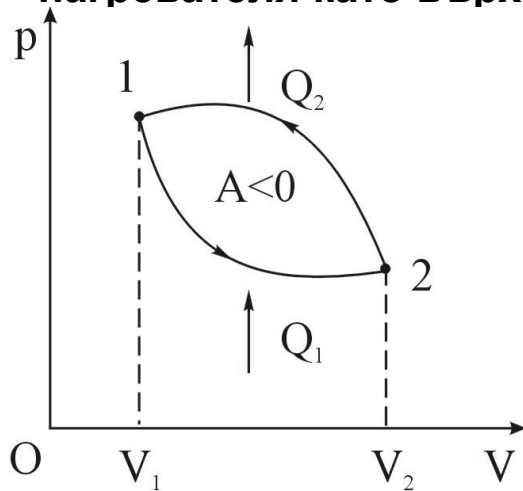
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$$

коэффициент на полезно действие КПД

a/ основни изводи:

- за да се извърши положителна работа върху околната среда е необходимо налягането и температурата, при които се извършва адиабатното разширение на газа да са по високи от налягането и температурата при свиването. Т.е. $Q_1 > Q'_2$
- температурата на нагревателя да е по висока от температурата на охладителя
- КПД е в интервала $\eta \in [0,1]$
- Ако $Q_1 = Q'_2$ то $\eta = 0$ т.е не може да се построи топлинен двигател без охладител.
- не може да се построи топлинен двигател извършващ цикличен процес, при който цялото количество топлина получена от нагревателя да отиде за извършване на полезна работа.

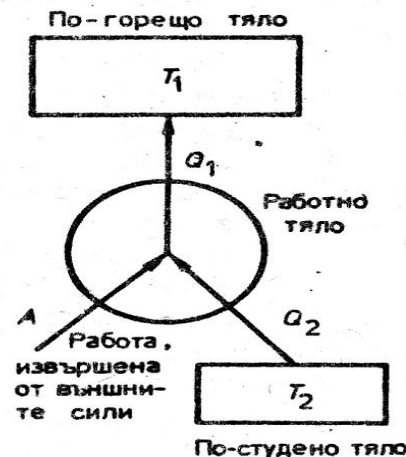
5. Обратен кръгов процес (хладилна машина): газа се разширява за сметка на получена топлина от охладителя и при свиването отдава топлина на нагревателя като върху газа се извършва работа



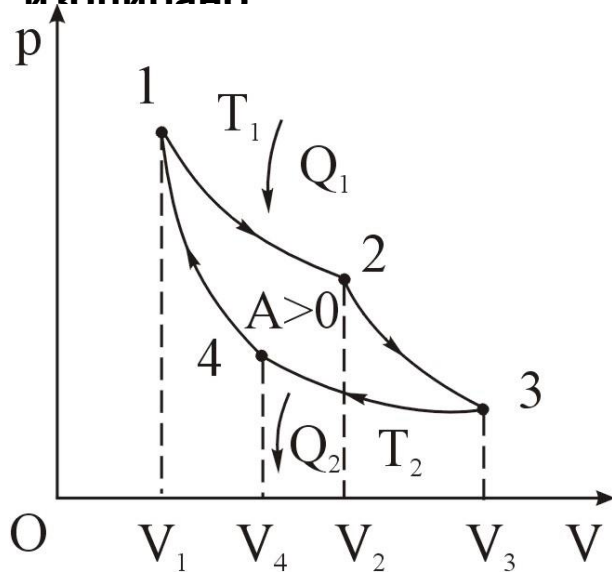
$$A' = A'_{21} - A_{12} = Q'_2 - Q_1 > 0$$

$$\eta = \frac{Q_1}{A'} = \frac{Q_1}{Q'_2 - Q_1}$$

хладилен коефициент



6. **Цикъл на КАРНО:** Създава идеалния топлинен двигател имащ най-голям коефициент на полезно действие: Работното вещество е затворено в един цилиндър с подвижно бутало. Всичко освен дъното е идеално топло-изолирано



1→2 – към дъното нагревател с безкрайно голям топлинен капацитет. Работното вещество се разширява изотермно при температура T_1 .

2→3-достигайки до състояние 2 нагревателя се отстранява се и газа продължава да се разширява адиабатно като температурата му се понижава до T_2 .

3→4-към дъното охладител с безкрайно голям топлинен капацитет и газа отдавайки топлина се свива изотермно при температура T_2 .

4→1-в състояние 4 охладителя се отстранява от системата и газа продължава да се свива адиабатно повишавайки температурата си до T_1 като се връща в началното си състояние 1

7. Термодинамичен анализ на топлинния двигател на Карно:
а/полезна работа:

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$$

Окончателно за работата имаме:

$$A = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1} > 0$$

Това е полезната работа която извършва топлинната машина на Карно за един цикъл.

Тази работа е извършена благодарение на полученото количество топлина от нагревателя Q_1 . Доколкото при изотермен процес вътрешната енергия на системата не се променя то $Q_1 = A_{12}$.

$$Q_1 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Тогава за КПД на двигателя на Карно имаме:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A}{A_{12}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ИЗВОД: колкото по-голяма е разликата между температурата на охладителя и нагревателя толкова КПД е по-голям.

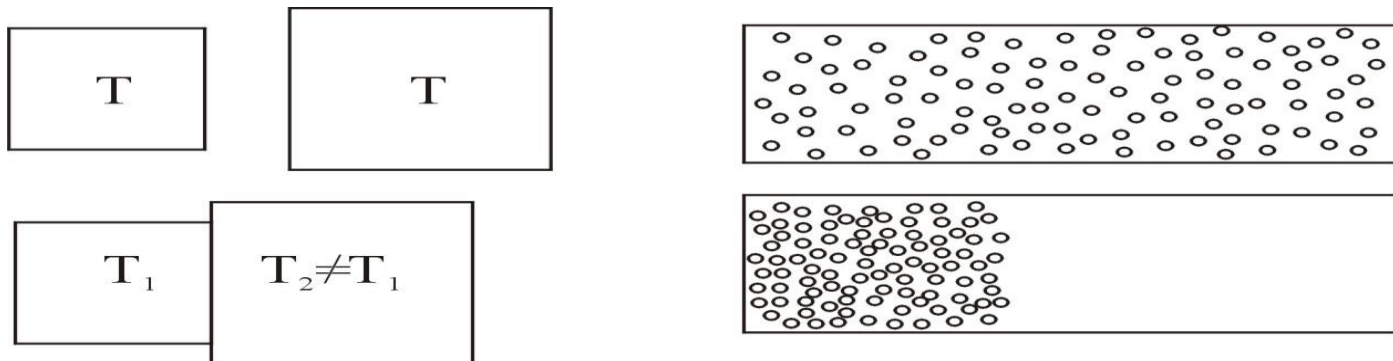
II. ВТОРИ ПРИНЦИП НА ТЕРМОДИНАМИКАТА

Първия принцип на ТД е закон за запазване на енергията. Той задава енергийния баланс при извършване на даден ТДП. Той забраняваше съществуването на ПЕРПЕТУМ МОБИЛЕ ОТ ПЪРВИ РОД. За една изолирана система пълната енергия не се променя т.е

$$E + U = \text{const}$$

Първия закон на ТД допуска взаимно превръщане на механична енергия във вътрешна и обратно $E \leftrightarrow U$.

В природата обаче не се наблюдава самопроизволно преминаване на вътрешна енергия в механична. Не се наблюдава самопроизволно предаване на количество топлина от тяло с по-висока към тяло с по-ниска температура. Също така е невъзможен процес, при който молекулите на един газ, затворен в съд и равно-мерно изпълващ целия обем на съда в началния момент, от само себе си да се съберат в едната част от съда



Гореописаните процеси не противоречат на първия принцип на термодинамиката, но могат спонтанно да протичат само в една посока.

ЗА ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ ПОСОКАТА НА ПРОЦЕСИТЕ СЕ ДЕФИНИРА

ВТОРИЯ ПРИНЦИП НА ТЕРМОДИНАМИКАТА:

ДЕФИНИЦИЯ НА КЕЛВИН: Не може да се създаде периодически действащ топлинен двигател, който да превръща изцяло топлинната енергия в механична работа.

ДЕФИНИЦИЯ НА КАРНО: Не може да се построи периодически действащ топлинен двигател, който да работи без охладител.

ДЕФИНИЦИЯ НА КЛАУЗИУС: Не може да се осъществи процес, единственият резултат от който е да бъде предаването на топлина от по-студено към по-топло тяло.

ДЕФИНИЦИЯ ЗАБРАНА НА ПЕРПЕТУМ МОБИЛЕ ОТ ВТОРИ РОД: Вечен двигател от II-ри род, който работи само за сметка на получената топлина от едно тяло без охладител, не съществува. Или имаме непълна еквивалентност между механичната работа и топлината.

ОБЩОФИЗИЧНА ФОРМУЛИРОВКА: В природата спонтанно протичат такива процеси, при които всички видове енергия постепенно се превръщат във вътрешна енергия, вследствие действието на неконсервативни сили.