Ïðèíöèï äåéñòâèÿ ìàøèíû Êàðíî

Í.Ë.Ñ. Êàðíî (1796-1832) - ôðàíöóçñêèéÂ ôèçèê, èíæåíåð,Â ïîêàçàë, ÷òî äëÿ ðàáîòû òåïëîâîãî äâèãàòåëÿ íåîáõîäèìî íå ìåíåå äâ
èñòîðè÷åñêè âîçíèêëî èç àíàëèçà ðàáîòû òåïëîâûõ äâèãàòåëåé. Èç ôîðìóëèðîâêè âòîðîãî íà÷àëà òåðìîäèíàìèêè ïî Êåëüâèíó ñëåä
òåïëîòû...

Í.Ë.Ñ. Êàðíî (1796-1832) - ôðàíöóçñêèéÂ ôèçèê, èíæåíåð,Â ïîêàçàë, ÷òî äëÿ ðàáîòû òåïëîâîãî äâèãàòåëÿ íåîáõîäèìî íå ìåíåå äâà

Âòîðîå íà÷àëî òåðìîäèíàìèêè èñòîðè÷åñêè âîçíèêëî èç àíàëèçà ðàáîòû òåïëîâûõ äâèãàòåëåé. Èç ôîðìóëèðîâêè âòîðîãî íà÷àëà òå
îäíîãî èñòî÷íèêà òåïëîòû, - íåâîçìîæåí.

Ïðèíöèï äåéñòâèÿ òåïëîâîãî äâèãàòåëÿ ïðèâåä¸ì íà ïðèìåðå (ðèñ.1): îò òåðìîñòàòà ñ áîëåå âûñîêîé òåìïåðàòóðîéÂ Ò1, íàçûâàåìîã
ïåðåäà¸òñÿÂ êîëè÷åñòâî òåïëîòû Q2, ïðè ýòîì ñîâåðøàåòñÿ ðàáîòà Â A = Q1 - Q2.

Ïðîöåññ, îáðàòíûé ïðîèñõîäÿùåìó â òåïëîâîì äâèãàòåëå, èñïîëüçóåòñÿÂ â õîëîäèëüíîé ìàøèíå,Â ïðèíöèï äåéñòâèÿ êîòîðîé ïðåäñòà
Q2 è îòäà¸òñÿÂ òåðìîñòàòó ñ áîëåå âûñîêîé òåìïåðàòóðîé T1 êîëè÷åñòâî òåïëîòû Q1. Äëÿ êðóãîâîãî ïðîöåññà Q=A, íî ïî óñëîâèþ
êîëè÷åñòâî òåïëîòû Q1, îòäàííîå ñèñòåìîé èñòî÷íèêó òåïëîòû ïðèÂ áîëåå âûñîêîé òåìïåðàòóðå T1, áîëüøå êîëè÷åñòâà òåïëîòû Q
Ñëåäîâàòåëüíî, áåç ñîâåðøåíèÿ ðàáîòû íåëüçÿ îòáèðàòü òåïëîòóÂ îò ìåíåå íàãðåòîãî òåëà è îòäàâàòü å¸ áîëåå íàãðåòîìó. Ýòî ó

Îäíàêî âòîðîå íà÷àëî òåðìîäèíàìèêèÂ íå ñëåäóåòÂ ïðåäñòàâëÿòü òàê, ÷òî îíîÂ ñîâñåì çàïðåùàåò ïåðåõîä òåïëîòûÂ îò ìåíåå íàãðå
ÿâëÿåòñÿÂ åäèíñòâåííûìÂ ðåçóëüòàòîì ïðîöåññà.

Îñíîâûâàÿñü íà âòîðîì íà÷àëåÂ òåðìîäèíàìèêè, Êàðíî âûâåë òåîðåìó, íîñÿùóþ òåïåðü åãî èìÿ:Â Â èç âñåõ ïåðèîäè÷åñêè äåéñòâóþ
ìàøèíû; Â ïðè ýòîì ê.ï.ä.Â îáðàòèìûõ ìàøèí, ðàáîòàþùèõ ïðè îäèíàêîâûõ òåìïåðàòóðàõ íàãðåâàòåëåé (T1)Â è õîëîäèëüíèêîâ (T2)
äðóãèìè òåëàìè), à îïðåäåëÿþòñÿÂ òîëüêî òåìïåðàòóðàìèÂ íàãðåâàòåëÿ è õîëîäèëüíèêà.

Êàðíî òåîðåòè÷åñêèÂ ïðîàíàëèçèðîâàëÂ îáðàòèìûé íàèáîëåå ýêîíîìè÷íûéÂ öèêë,Â ñîñòîÿùèé èç äâóõ èçîòåðìÂ è äâóõ àäèàáà

ÐàññìîòðèìÂ ïðèíöèï äåéñòâèÿ èçîòåðìè÷åñêîãî è àäèàáàòè÷åñêîãî ïðîöåññîâ. ÏðèÂ èçîáàðè÷åñêîìÂ ðàñøèðåíèè òîëüêîÂ ÷àñ
òåïëó, òî âíóòðåííÿÿ ýíåðãèÿÂ ãàçàÂ îñòà¸òñÿ áåç èçìåíåíèÿ. Òåìïåðàòóðà ïðè ýòîì òîæå íåÂ áóäåòÂ ìåíÿòüñÿ. Òàêîé ïðîöåññ

Òåïëîîòäà÷à - íå åäèíñòâåííûéÂ ñïîñîá óâåëè÷åíèÿ âíóòðåííåéÂ ýíåðãèè ãàçà. Å¸ ìîæíî óâåëè÷èòü, ñæèìàÿ ãàç. Åñëè òàêîåÂ
ðàáîòà ñæàòèÿÂ öåëèêîì ïåðåõîäèòÂ âî âíóòðåííþþ ýíåðãèþ òåëà. Ïîëíîñòüþ óñòðàíèòüÂ òåïëîîáìåí ãàçàÂ ñ îêðóæàþùèìè òåë
òåïëîîòäà÷åéÂ ÷åðåç ñòåíêè îáúåìà ìîæíî ïðåíåáðå÷ü, à ïðîöåññ ìîæíî ñ÷èòàòüÂ àäèàáàòíûì.

Ðàññìîòðèì ïðÿìîé öèêë Êàðíî, â êîòîðîìÂ â êà÷åñòâå ðàáî÷åãî òåëà èñïîëüçóåòñÿ èäåàëüíûé ãàç, çàêëþ÷åííûé â ñîñóäÂ ñ ïîäâ

Öèêë Êàðíî ìîæíî èçîáðàçèòü íà ãðàôèêå (ðèñ.3), ãäå èçîòåðìè÷åñêèåÂ ðàñøèðåíèå è ñæàòèå çàäàíû ñîîòâåòñòâåííî êðèâûìè
èçîòåðìè÷åñêîìÂ ïðîöåññåÂ Â U=const, ïîýòîìóÂ êîëè÷åñòâî òåïëîòû Q1, ïîëó÷åííîå ãàçîì îò íàãðåâàòåëÿ, ðàâíî ðàáîòå ðàñøèðå

Â Â Â Â Â Â Â Â Â (1)

Ïðè àäèàáàòè÷åñêîì ðàñøèðåíèèÂ 2-3Â òåïëîîáìåí ñ îêðóæàþùåé ñðåäîéÂ îòñóòñòâóåò,Â èÂ ðàáîòàÂ ðàñøèðåíèÿÂ A23 ñî

Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â (2) Â Â

Êîëè÷åñòâî òåïëîòû Q2, îòäàííîåÂ ãàçîì õîëîäèëüíèêóÂ ïðè èçîòåðìè÷åñêîì,Â ñæàòèè ðàâíî ðàáîòå ñæàòèÿÂ A34:

Â Â Â Â Â Â Â Â   Â Â (3)

Ðàáîòà àäèàáàòè÷åñêîãî ñæàòèÿ

Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â (4)

Ðàáîòà, ñîâåðøàåìàÿ â ðåçóëüòàòå êðóãîâîãî ïðîöåññà ,

Â Â Â Â Â Â Â Â   Â Â Â Â Â (5)

è, êàê ìîæíî ïîêàçàòü îïðåäåëÿåòñÿ ïëîùàäüþ, çàøòðèõîâàííîé íà ðèñ.3.

Òåðìè÷åñêèé ê.ï.ä. öèêëà Êàðíî

Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â (6)

Ïðèìåíèâ óðàâíåíèå äëÿ äèàáàò 2-3 è 4-1, ïîëó÷èì

Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â   Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â

îòêóäà

Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â Â

Ïîäñòàâëÿÿ (1) è (3) â ôîðìóëó (6) ïîëó÷àåì

Â Â Â Â Â Â Â Â Â

ò. å. äëÿ öèêëà Êàðíî ê.ï.ä. äåéñòâèòåëüíî îïðåäåëÿåòñÿÂ òîëüêî òåìïåðàòóðàìèÂ íàãðåâàòåëÿ è õîëîäèëüíèêà. Äëÿ åãî ïîâûøå
âû÷èñëåííîãîÂ äëÿ öèêëà Êàðíî.

Îáðàòíûé öèêë Êàðíî ïîëîæåí â îñíîâó äåéñòâèÿ òåïëîâûõ íàñîñîâ. Â îòëè÷èå îò õîëîäèëüíûõ ìàøèíÂ òåïëîâûå íàñîñû äîëæíû êàê ï
áîëåå íèçêîé òåìïåðàòóðîé, à ÷àñòüÂ - ïîëó÷àåòñÿ Â çà ñ÷åò ìåõàíè÷åñêîé ðàáîòû, ïðîèçâîäèìîé, íàïðèìåð, êîìïðåññîðîì.

  Òåîðåìà Êàðíî ïîñëóæèëà îñíîâàíèåì äëÿ óñòàíîâëåíèÿ òåðìîäèíàìè÷åñêîé øêàëû òåìïåðàòóð. Äëÿ ñðàâíåíèÿ òåìïåðàòóð äâóõ òå
êîëè÷åñòâà òåïëîòû ê ïîëó÷åííîìó. Ñîãëàñíî òåîðåìå Êàðíî õèìè÷åñêèé ñîñòàâ ðàáî÷åãî òåëà íå âëèÿåò íà ðåçóëüòàòû ñðàâíåíèÿ
îáðàçîì ñðàâíèâàòü òåìïåðàòóðû òðóäíî, òàê êàê ðåàëüíûå òåðìîäèíàìè÷åñêèå ïðîöåññû, êàê óæå óêàçûâàëîñü, ÿâëÿþòñÿ íåîáð