

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

МЕХАНИКА-МАТЕМАТИКА ФАКУЛЬТЕТІ

МЕХАНИКА КАФЕДРАСЫ



Пәннің аты: *Термодинамика және жылу-масса алмасу негіздері*

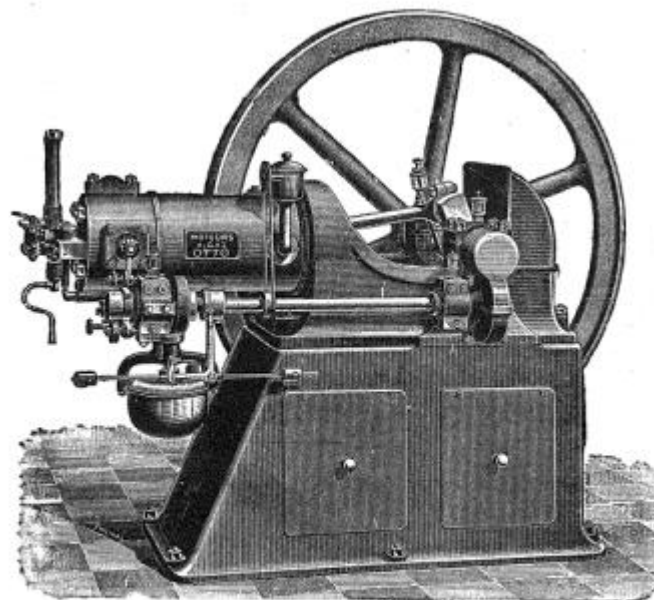
Тақырыбы: *Жылу механизмдері үшін Карно циклі*

Дайындаған: *1-курс магистранты Жұманова Маржан*

Жетекші: *ф.-м.ғ.к, доцент Туралина Д.Е.*

Жылу механизмдері үшін Карно циклі

Lenoir engine

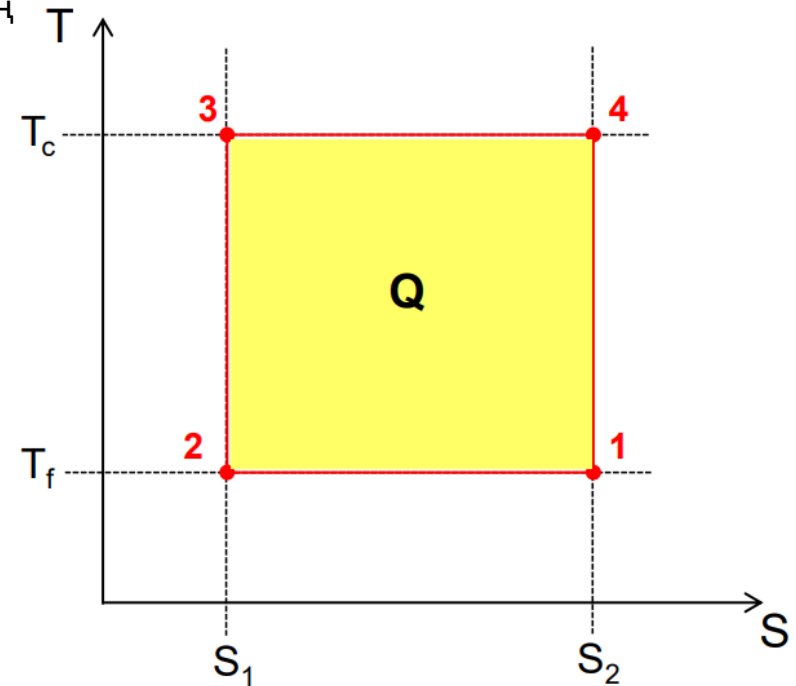
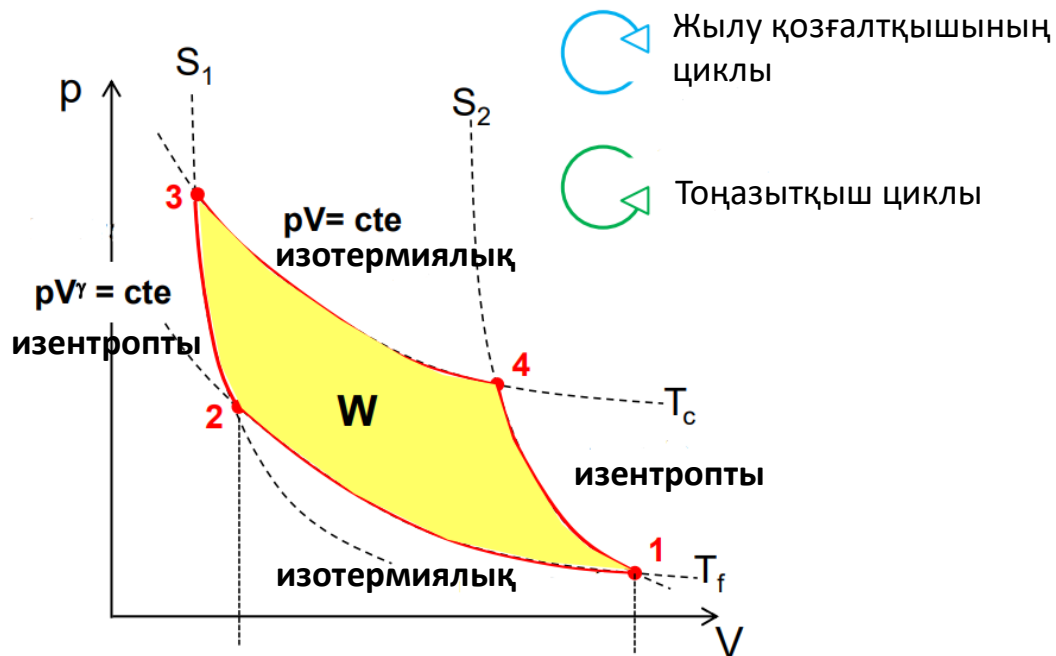


Otto engine

Карно циклі

Анықтамасы: Карно циклі дегеніміз екі изотермиялық және екі адиабаттық (изентроптық) бөліктен тұратын қайтымды цикл.

→ **Идеал қуат циклі***: екі жылу резервуарының арасында жұмыс істейтін бір де бір қозғалтқыш бірдей температура арасында жұмыс істейтін Карно қозғалтқышының ПӘК-інен асып кете алмайды.



- Ескертпе: Нақты жылу қозғалтқышы әртүрлі айналымдардың себебі ретінде осы циклге сәйкес жұмыс істей алмайды. Карно циклінің тиімділігі - бұл жылу қозғалтқыштары үшін эталонды теориялық анықтама.

Тиімділік

□ **Тиімділік:** жүйенің жұмыс істеуі кезінде жұмсаған **пайдалы** және **толық** энергиялары қатынасы ретінде анықталады.

$$\eta = \frac{|\text{пайдалы энергия}|}{\text{толық энергия}}$$

- Жүйе қабылдаған бастапқы энергия әрқашан оң болып саналады, бірақ пайдаланылатын энергия оң немесе теріс болуы мүмкін (жылу қозғалтқышы немесе жылу насосы). Анықтама бойынша **тиімділік оң қасиет** болып табылады абсолютті шаманы алымда қолдану.

- Тиімділік міндетті түрде 0 мен 1 аралығында бола бермейді
o Жылу қозғалтқышының циклінің тиімділігі η : $0 \leq \eta \leq 1$

Карно қозғалтқышының нақты қозғалтқышқа тиімділік қатынасы:

$$r = \frac{\eta}{\eta_{\text{Карно}}}$$

→ r міндетті түрде 0 мен 1 аралығында болуы тиіс.

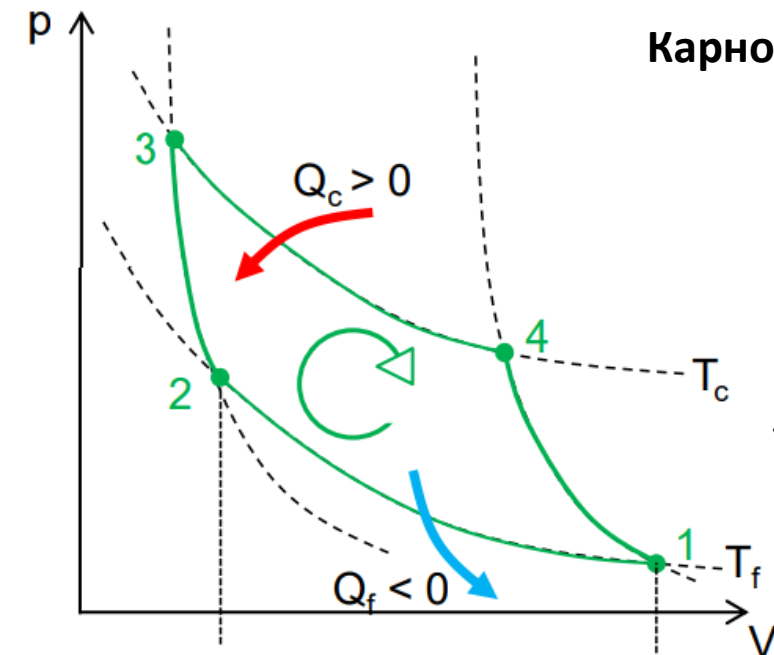
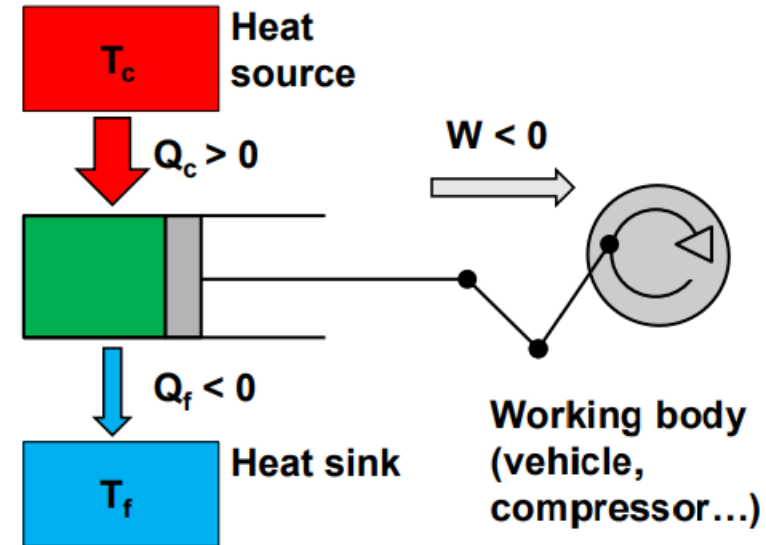
Жылу қозғалтқышының жылу тиімділігі

Анықтама бойынша:

$$\eta = \frac{|\text{механикалық жұмыс } (W < 0)|}{\text{жылу көзінен алынған энергия } (Q_c > 0)} = \frac{W}{Q_c}$$

Бірінші заң: $\Delta U = Q_c + Q_f + W = 0 \rightarrow \eta = 1 + \frac{Q_f}{Q_c}$

Екінші заң: $\Delta S = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} + S^c = 0 \rightarrow \eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} - \frac{T_f \times S^c}{Q_c}$



Карно қозғалтқышы: Тек **қайтымды** процестер үшін ($S^c = 0$)

- 1-2 Изотермиялық сығылу
- 2-3 Адиабатты жылыту
- 3-4 Изотермиялық ұлғаю
- 4-1 Адиабатты салқындату

«Карно тиімділігі» деп аталатын максималды тиімділік:

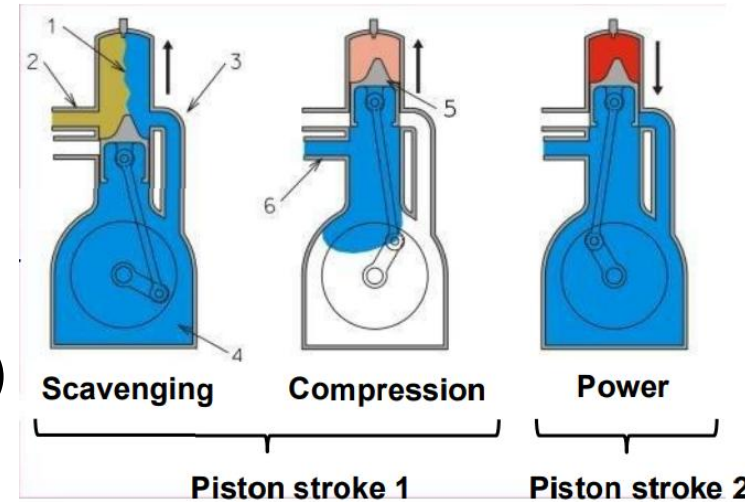
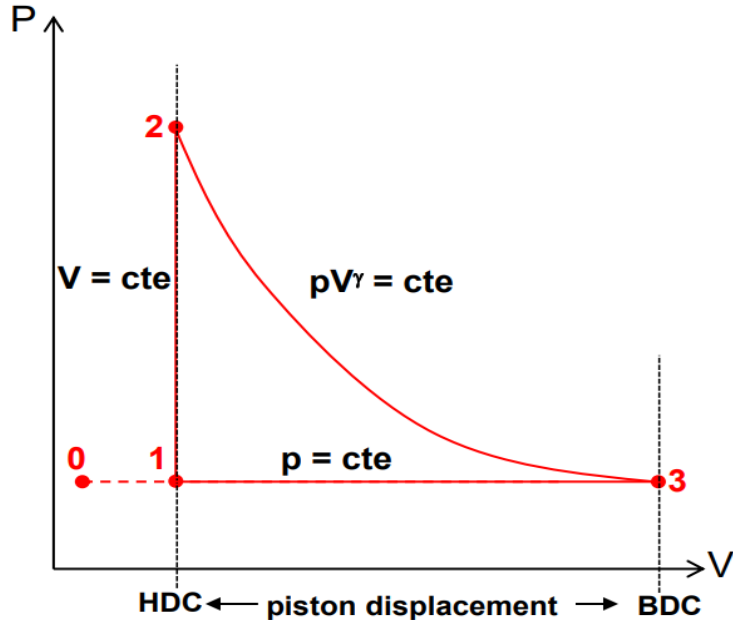
$$\eta_{\text{карно}} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Ленуар циклі 2-соққылы

Қозғалтқыштың 3 соққысы (2 поршеньді соққылар):

- **Тазалау:** жұмыс істеліп біткен газды үрлеу (BDC-ге дейін иінді біліктің айналуы шамамен 75°) + жанармай қабылдау
- **Сығу** + тұтату (тек TDC алдында)
- **Қуат (жұмыс):** газды кеңейту + шығынды(зарядты)

беру



Қозғалтқыштың 3 поршенді соққылар
(қайтымды):

0-1 Қабылдау, тұтану

1-2 Жану (изохоралық)

2-3 Ұлғаю (адиабатикалық)

3-1 Шығару (изобаралық)

1 толық айналым = 1 иінді біліктің толық айналысы

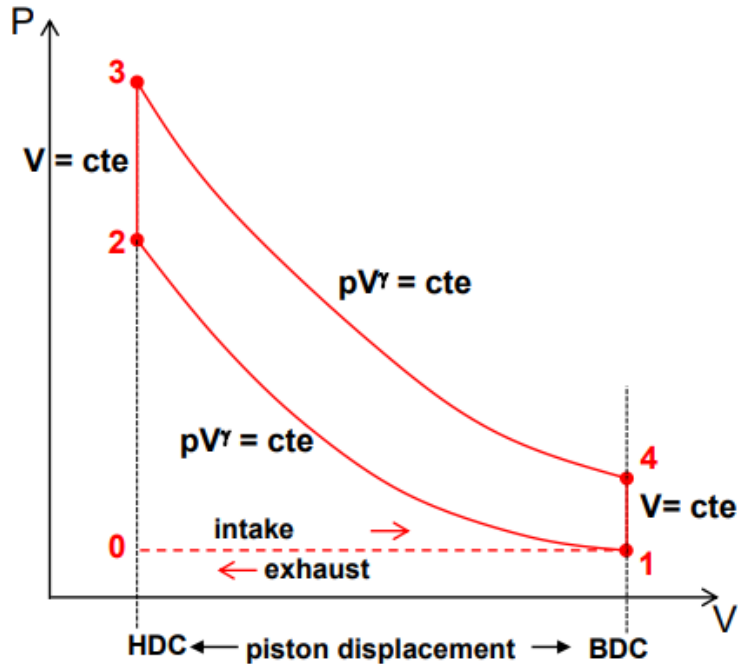
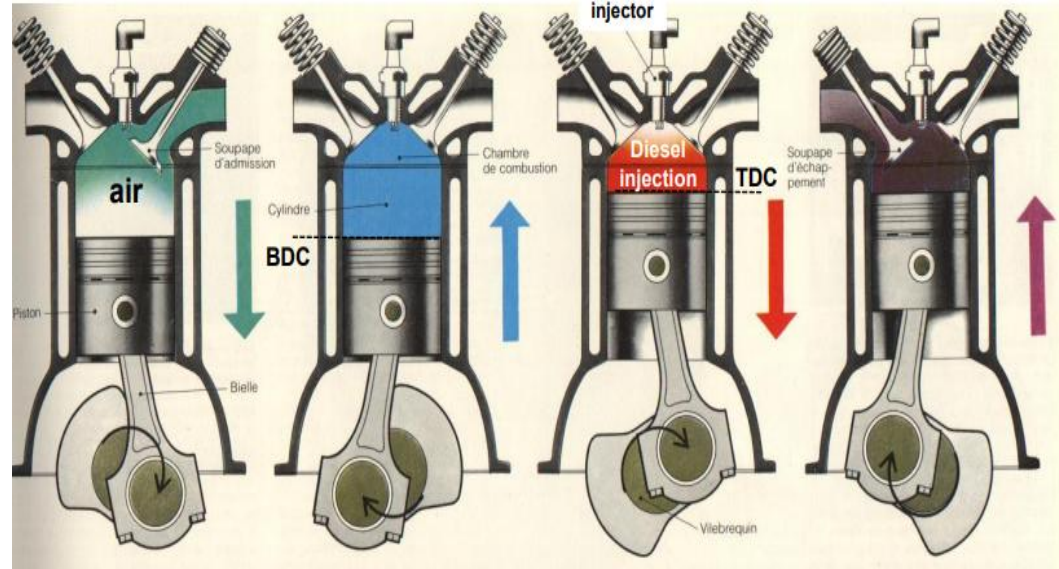
Поршеннің айналмалы қозғалысқа айналдыру альтернативті жүрісі(иінді біліктің жүйесі) → қозғалтқыш циклінің көрінісі: p-V диаграммасы →

TDC және BDC арасындағы поршеньді соққыларды бақылауға мүмкіндік береді.

Отто циклі 4-соққылы

4 поршеньді соққылар:

- Қабылдау (жанармай-ауа қоспасы =заряд)
- Сығу
- Энергия: интенсивті жану * ($V = \text{cte}$) + кеңею
- Шығару: клапаның ашылуы (қысымның бірден төмендеуі $V = \text{cte}$)



Қозғалтқыштың циклінің 4 соққысы (қайтымды):

- 1-2 Сығылу (адиабатикалық)
- 2-3 Жану (изохоралық)
- 3-4 Кеңейту (адиабатикалық)
- 4-1 Шығару (изохоралық)

Поршеньдік соққылармен шатастырмаңыз!

қабылдау (0-1), қысу (1-2), жану-кеңейту (2-3-4), шығару (4-1-0).

1 толық айналым = 2 иінді біліктің толық айналысы

* Химиялық құрамның реактивтерден (отын + ауа) өнімге (отын: CO_2 және H_2O) өзгеруі назарға алынбайды. Тек жанудан босатылған жылу ескеріледі.

Отто циклі Энергия алмасу

Гипотеза: диатомдық идеал газ + массаның сақталу заңы (*m ауа + m отын = m жанармай*)

Сығылу жұмысы	$W_{12} = (m_f + m_a) c_v (T_2 - T_1)$	> 0
Жану жылуы (изохора)	$Q_{23} = (m_f + m_a) c_v (T_3 - T_2) = m_f LHV^*$	> 0
Ұлғаю жұмысы	$W_{34} = (m_f + m_a) c_v (T_4 - T_3)$	< 0
Шығатын жылу	$Q_{41} = (m_f + m_a) c_v (T_1 - T_4)$	< 0

Жылу тиімділігі

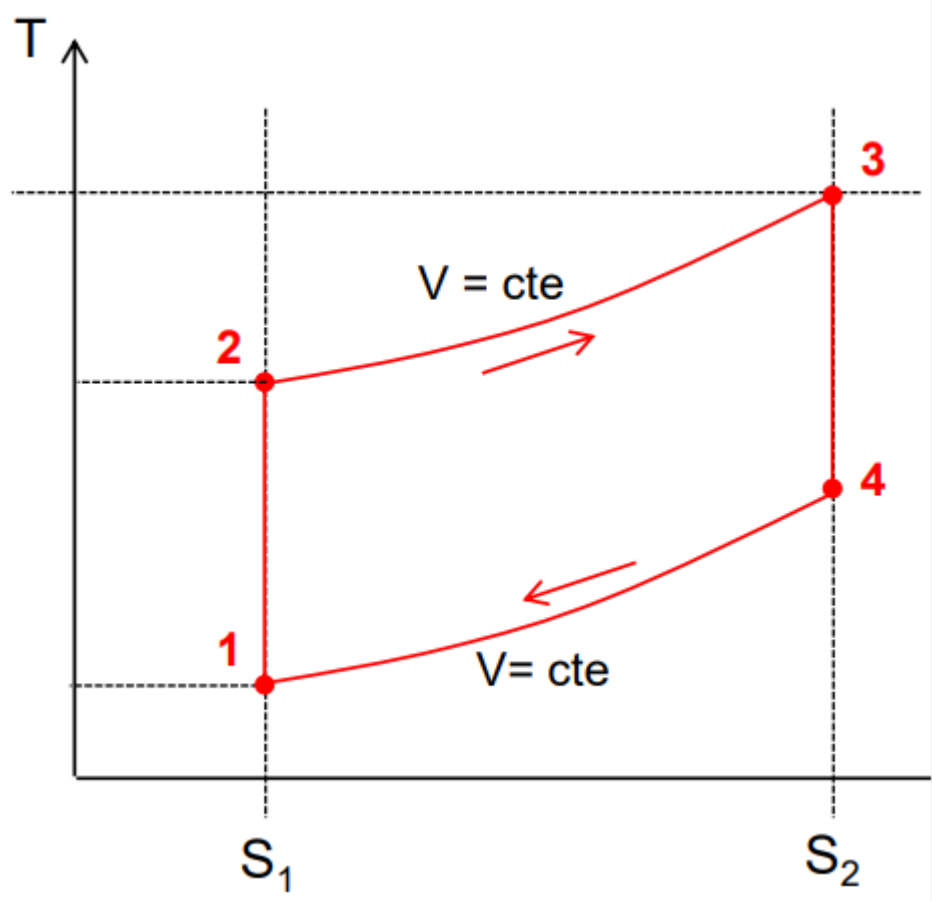
$$\eta = \frac{-W_{engine}}{Q_{23}} = \frac{Q_{23} + Q_{41}}{Q_{23}} = 1 - \frac{|Q_{41}|}{Q_{23}}$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

Problem: температура әдетте белгісіз!

Сығылу коэффициенті $\rho = V1 / V2$

$$\eta = 1 - \rho^{1-\gamma}$$



ЕСЕП

Карно циклі бойынша жұмыс істейтін жылу двигателі, бір цикл ішінде, қыздырғыштан $Q_1=3$ кДж жылу алады. Қыздырғыш температурасы $T_1=500\text{K}$, салқындатқыш температурасы $T_2=300\text{K}$. Бір цикл ішінде жасылған жұмысты A -ны, бір цикл ішінде салқындатқышқа берілетін жылу мөлшерін Q -ды тап?

Ответ: $A = 1,2 \text{ кДж}; \quad Q_2 = 1,8 \text{ кДж}.$

$$\eta = \frac{A}{Q_1}. \quad (1)$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (2)$$

$$A = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (3)$$

$$Q_2 = Q_1 - A = Q_1 - Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} = Q_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}. \quad (4)$$

$$A = 3 \text{ кДж} \cdot \frac{500\text{K} - 300\text{K}}{500\text{K}} = 1,2 \text{ кДж} ,$$

$$Q_2 = 3 \text{ кДж} \cdot \frac{300\text{K}}{500\text{K}} = 1,8 \text{ кДж} .$$

Бақылау сұрақтары

- Карно циклі дегеніміз не?
- Тиімділікті қалай анықтаймыз?
- Қайтымды процесс дегеніміз не?

