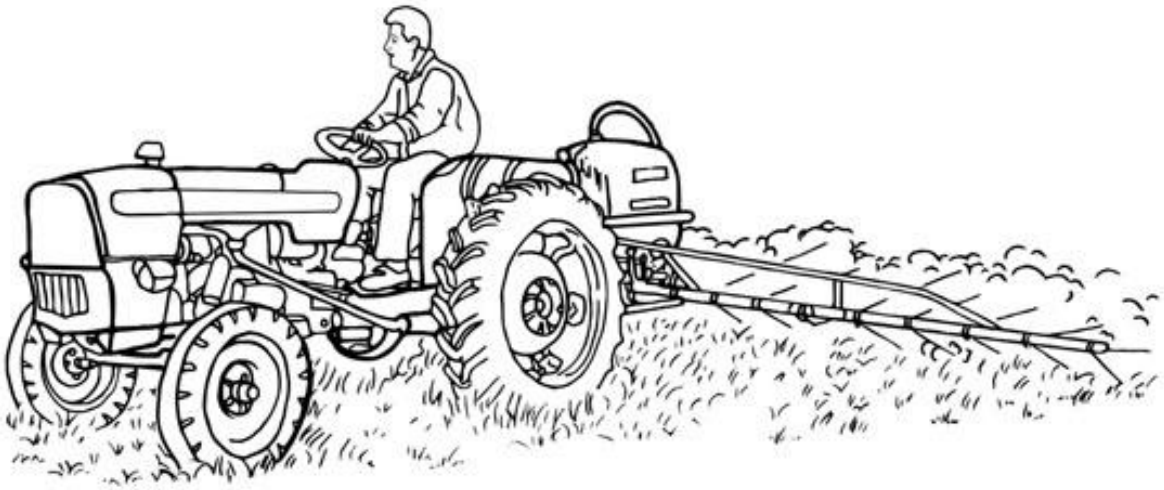
جامعة حماه

كلية الهندسة الزراعية

السنة الثانية

الآلات الزراعية



الدكتور باسل عيشه

2017 - 2018

الفصل الأول

جملة الوحدات الدولية

BASIC INTERNATIONAL SYSTEME UNITS (IS)

LE SYSTEM INTERNATIONAL D'UNITS (SI)

بدأت المحاولات لتوحيد الأوزان والمكاييل (المقاييس) في 08/05/1790 عندما كلفت أكاديمية العلوم الفرنسية بدراسة إمكانية تحقيق هذه الفكرة. فشكلت لجنة من كبار العلماء الفرنسيين في ذلك العصر، أمثال لابلاس، لاغرانج، مونج، وكوندورسيه، لتحديد الوحدات الدولية الرئيسية. واعتمدت المتر كوحدة للطول (باليونانية مترون وتعني القياس)، والآر كوحدة للسطح (من اللاتينية AREA), والليتر كوحدة للحجم (باليونانية LITRA) , والغرام كوحدة للكتلة (باليونانية GRAMA) . وفي عام 1799 حددت هذه الوحدات بالمتر المعياري والكيلوغرام المعياري من البلاتين. وفي 04/07/1837 صدر قرار باعتماد هذه الواجدات على كافة الأراضي الفرنسية ومعاقبة من يستخدم سواها من الوحدات على أن يسري مفعول العقوبات اعتبارا من 01/01/1840.

الخطوة الأولى لتدويل الجملة المترية بدأت بعقد الاجتماع الأول للهيئة الدولية للمتر (13/08/1872-9)، وفي 20/05/1875 أسس المكتب الدولي للأوزان والمكاييل(BIPM) ، والذي يعقد مؤتمرا دوليا كل أربع سنوات في فرنسا. من هيئة المتر انبثق المؤتمر العام للأوزان والمكاييل (CGPM)، والذي تتبنى قراراته الهيئة الدولية للأوزان والمكاييل (CIPM). تعتبر الجملة الدولية كآخر مولود للجملة المترية التي انبثق عنها عدة جمل أهمها:

السغثية: CGS (سنتمتر – غرام – ثانية) - **المطثية :** MTS (متر – طن – ثانية)

المكثية: MKS (متر – كيلوغرام – ثانية) - **المكثية – أمبير :** MKSA (متر – كيلوغرام – ثانية – أمبير)

واستمرت المحاولات حتى تمخض عن المؤتمر الحادي عشر عام 1960جملة الوحدات الدولية. استمر تطوير هذه الجملة حتى بدت في حلتها النهائية في المؤتمر السادس عشر عام .1979

تتألف الجملة الدولية الآن من سبع وحدات أساسية ووحدتان إضافيتان لم يقرر بعد معاملتهما كوحدتين أساسيتين أم لا. وابتداء من الوحدات الأساسي والإضافية هناك وحدات مشتقة تحدد بتعابير جبرية تحت شكل جداء أو قسمة أو أس لهذه الوحدات

الجدول /1-1/ الوحدات الأساسية

SI Base Units

المقدار	اسم الواحدة	الرمز
الطول	meter	m
الكتلة	kilogram	kg
الزمن	second	s
شدة التيار الكهربائي	ampere	A
درجة الحرارة الترموديناميكية	Kelvin	K
محتوى المادة	mole	mol
شدة الضوء	candela	cd

1-1تعريف الوحدات الأساسية:

Units	Definitions
meter (m)	**المتر:** هو المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال زمن قدره 1/299 792 458 من الثانية
kilogram (kg)	**الكيلو غرام**: هو كتلة نموذج دولي من البلاتين – اريديوم والموافق عليه من قبل المركز الدولي للأوزان والمكاييل عام 1889 وهذا النموذج محفوظ في المكتب الدولي للأوزان والقياسات بباريس
second (s)	**الثانية**: هي فترة 9 192 631 770دور للإشعاع المطابق للانتقال بين مستويين قريبين للحالة الأساسية لذرة السيزيوم 133 césium.
ampere (A)	**الأمبير**: هو عبارة عن شدة تيار كهربائي ثابت الحاصل بين ناقلين متوازيين، مستقيمين، بطول لانهائي ومقطع دائري مهمل وموضوعين على مسافة واحد متر بالنسبة لبعضهما في الفراغ، منتجاً بين هذين الناقلين قوة مقدارها 2.10^{-7} N/m.
Kelvin (K)	**الكلفن**: هو جزء من 1/273,16 من درجة الحرارة الترموديناميكية للنقطة الثلاثية للماء.
candela (cd)	**الكانديلا**: هي شدة الإضاءة، في اتجاه معين لمنبع يرسل أشعة وحيدة الموجة ترددها يساوي 540.10^{12} Hertz وشدتها الطاقية في هذا الاتجاه هي 1/683 W/Sr.
mole (mol)	**المول**: هو واحدة كمية المادة ويمثل كمية المادة في جملة تحوي عددا من الوحدات العنصرية (ذرات، جزيئات، شوارد .... الخ) بقدر ما يوجد من الذرات في 0,012 kg من C^{12}.

بين الوحدات الأساسية توجد وحدتان دوليتان لم يتقرر إن كانت ستعامل كوحدات أساسية أو مشتقة وهي:

الراديان: هي واحدة الزاوية المستوية، وهي الزاوية التي رأسها في مركز دائرة وتصنع قوسا يساوي نصف قطر الدائرة rad

سترا ديان: هي واحدة الزاوية الفراغية، وهي الزاوية التي رأسها واقع في مركز كرة وتقطع سطح هذه الكرة بمساحة تساوي مساحة مربع طول ضلعه يساوي نصف قطر الكرة. Sr

2-1 الوحدات المشتقة:

تأتي الوحدات المشتقة لإكمال الوحدات الأساسية وهي كثيرة ويمكن أن يكون لها أسماء خاصة (Joul، Newton،Watt، Hertzz، Pascal ، ...) لكن يمكن أن تعطى دائماً بدلالة الوحدات الأساسية. هناك أيضاً بعض الوحدات المشتقة بدون أبعاد. ومن الجدير ذكره أن هذه الوحدات مرتبطة مع بعضها لتشكل نظام مترابط.
أمثلة على الوحدات المشتقة المعبّر عنها بحدود الوحدات الأساسية:

جدول /1-2/ الوحدات الدولية

المقدار	الرمز
المساحة	m^2
الحجم	m^3
السرعة	m/s
التسارع	m/s^2
الكثافة (الكتلة النوعية)	Kg/m^3
الحجم النوعي	m^3/kg
كثافة التيار	A/m^2

جدول /1-3/ بعض الوحدات المشتقة

المقدار	الواحدة	الرمز
الكثافة (الكتلة النوعية)	$kg.m^{-3}$	ρ
الحجم	m^{+3}	*V*
القوة (الكتلة في التسارع)	Newton (N) = $kg.m.s^{-2}$	*F*
العزم (القوة في طول الذراع)	Joule (J) =N.m = $kg.m^2.s^{-2}$	*M*
الضغط (القوة على السطح)	Pascal (Pa) = N/m^2 = $kg.m^{-1}.s^{-2}$	*p*
العمل (القوة في الانتقال)	J = $kg.m^2.s^{-2}$	W
الاستطاعة (العمل على الزمن)	W = J/s = $kg.m^2.s^{-3}$	**P**
كمية الحرارة	J = $kg.m^2.s^{-2}$	Q
السعة الحرارية	$J/kg.K = m^2.s^{-2}.K^{-1}$	c
طاقة واحدة الكتل	$J/kg = m^2.s^{-2}$	
الكتلة الذرية (الكتلة الجزيئية)	Kg / kmol	ɱ
ثابت الغازات الخاص	$J/kg.K = m^2.s^{-2}.K^{-1}$	r

جدول /1-4/ وحدات العمل والتحويل بينها

	J	kw-h	ch-h	kg.m	Kcal
J	1	27.7×10^{-8}	37.7×10^{-8}	0.102	0.239×10^{-3}
kw-h	3600×10^{3}	1	1.359	366973	860
ch-h	2649600	0.736	1	2.7×10^{5}	633
kg.m	9.81	2.73×10^{-6}	3.72×10^{-6}	1	2.34×10^{-3}
kcal	4.186×10^{3}	0.001162	0.001579	427	1

ch : حصان بخاري ch-h : حصان ساعي. Kcal: كيلو كالوري kg.m: كيلوغرام-متر

جدول /1-5/ وحدات الاستطاعة والتحويل بينها

	W	kW	ch	kcal/s	kg.m/s
W	1	0.001	0.00136	0.00024	0.102
kw	1000	1	1.359	0.239	101.97
ch	736	0.736	1	0.176	75
kcal/s	4186	4.186	5.67	1	427
kg.m/s	9.81	0.00981	0.0133	0.00234	1

جدول /1-6/ وحدات الضغط والتحويل بينها

	N/m^2	kg/cm^2	**atm**	**bar**	**mm CE**	**mm Hg**
N/m^2	1	1.02×10^{-5}	9.87×10^{-6}	10^{-5}	0.102	7.5×10^{-3}
kg/cm^2	9.81×10^{4}	1	0.968	0.981	10^{4}	736
atm	10.13×10^{4}	1.033	1	1.0133	10330	760
bar	10^{5}	1.02	0.986	1	10200	750
mm CE	9.81	10^{-4}	968×10^{-5}	9.81×10^{-5}	1	7.36×10^{-2}
mm Hg	133.3	1.333×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1.31×10^{-3}	13.6	1

kg/cm^2 : الضغط الجوي الهندسي. *mm CE*: ميليمتر واحد عمود ماء. *mm Hg*: ميليمتر واحد عمود زئبقي.

atm: الضغط الجوي القياسي. bar: بار وحدة ضغط $Pa = N/m^3$: باسكال وحدة الضغط الدولية

تحويل وحدات الطول الإنكليزية إلى الدولية

in: inch (pouce) = 0,0254 m

ft : foot (pied) = 0,3048 m

yd : yard = 0,9144 m

3-1المضاعفات والأجزاء:

تستخدم في جملة الوحدات الدولية مضاعفات وأجزاء للوحدة من مرتبة العشرات ويكون لكل منها اسم خاص يدل عليها وفق الجدول التالي:

جدول / 1-4 / المضاعفات والأجزاء للوحدة الأساسية

الاسم الخاص	الرمز	الشكل الآسي والقيمة	اسم الرقم
اكسا Eksa	**E**	10^{18} = 1 000 000 000 000 000 000	تريليون
بيتا Peta	P	10^{15} = 1 000 000 000 000 000	بليار
تيرا Tera	T	10^{12} = 1 000 000 000 000	بليون
غيغا Giga	G	10^{9} = 1 000 000 000	مليار
ميغا Mega	M	10^{6} = 1 000 000	مليون
كيلو kilo	**k**	10^{3} = 1 000	ألف
هكتو hekto	h	10^{2} = 1 00	مئة
ديكا deka	da	10^{1} = 10	عشرة
الوحدة		10^{0} = 1	واحد
ديسي decy	d	10^{-1} = 0.1	واحد من عشرة
سنتي centy	c	10^{-2} = 0.01	واحد بالمائة
ميلي mili	m	10^{-3} = 0.001	واحد بالألف
ميكرو micro	µ	10^{-6} = 0.000 001	واحد بالمليون
نانو nano	n	10^{-9} = 0.000.000.001	واحد بالمليار
بيكو piko	p	10^{-12} = 0.000 000 000 001	واحد من بليون
فمتو femto	f	10^{-15} = 0.000 000 000 000 001	واحد من بليار
أتو atto	a	10^{-18} = 0.000 000 000 000 000 001	واحد من تريليون

الفصل الثاني

محركات الاحتراق الداخلي

2-1 مقدمة:

تعتبر المحركات الحرارية ومنها محركات الاحتراق الداخلي الشكل التطبيقي لنظرية كارنو في القانون الثاني في الترموديناميكية والتي تنص: (لا يمكن للحرارة إن تتحول بكاملها إلى عمل، ولكي تعمل الآلة الحرارية بشكل دوري لا بد من وجود منبعين للحرارة على الأقل، أحدهما درجة حرارته أعلى من درجة حرارة المنبع الثاني.). (تأخذ الآلة الحرارية كميه من الحرارة من المنبع الحار فتحول قسما" منها إلى عمل والباقي تقدمه إلى المنبع البارد).

لدراسة الدارات الترموديناميكية لمحركات الاحتراق الداخلي (المحركات المكبسية) لا بد من التعرف على قوانين الغازات المثالية والعمليات المطبقة في الدارات الترموديناميكية.

2-2 قوانين الغازات المثالية:

1- قانون بويل – ماريوت: عند ثبات درجة حرارة الغاز فإن حجمه يتناسب عكسا مع ضغطه

$$\mathrm{T} = \boldsymbol{const} \rightarrow \boldsymbol{p.v = const} \rightarrow \frac{\boldsymbol{p_2}}{\boldsymbol{p_1}} = \frac{\boldsymbol{v_1}}{\boldsymbol{v_2}} \qquad (1)$$

2-قانون **غي لوساك:** عند ثبات ضغط الغاز فإن حجمه يتناسب طردا مع درجة حرارته

$$p = const \rightarrow \frac{V}{T} = const \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \qquad (2)$$

3-قانون شارلي: عند ثبات حجم الغاز فإن ضغطه يتناسب طردا مع درجة حرارته

$$V = const \rightarrow \frac{p}{T} = const \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \qquad (3)$$

4-القانون العام للغازات المثالية:

لإيجاد القانون العام للغازات المثالية نطبق قانون شارلي بين النقطتين (2-1) وقانون غي لوساك بين النقطتين (3-2) , ثم نستنتج القانون الذي يربط النقطتين (3-1) والذي يمثل القانون العام للغازات المثالية :

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad , \quad \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

ولكن: $v_1 = v_2 \quad , \quad p_3 = p_2$

وبالتالي نجد أن: $\frac{p_3}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad , \quad \frac{v_3}{v_1} = \frac{T_3}{T_2}$

كذلك نجد أن: $T_2 = T_1 \frac{p_3}{p_1}$

وبالتالي نجد أن: $\frac{\mathrm{v_3}}{\mathrm{v_1}} = \frac{\mathrm{T_3}}{\mathrm{T_1}} \frac{\mathrm{p_1}}{\mathrm{p_3}} \rightarrow \frac{\mathrm{p_1.v_1}}{\mathrm{T_1}} = \frac{\mathrm{p_3.v_3}}{\mathrm{T_3}}$

من ذلك نستنتج أن: $\frac{p.v}{T} = const$

وبالتالي نحصل على المعادلة العامة للغازات المثالية:

$$pv = RT \qquad (4)$$

حيث: R قيمة ثابتة تمثل ثابت الغازات العام.

لحساب قيمة (R) ثابت الغازات العام نأخذ الشرطين النظاميين:

$$T_0 = 273K \qquad p_0 = 10.13 \times 10^4 \; Pascals$$

وليكن الضغط الجوي النظامي $p_0 = 1.013\times10^5\ Pascals\left(\frac{N}{m^2}\right)$

الحجم الجزئي $vo=22,4\times10^{-3}\ m^3/mol$

$$R = \frac{p_0 v_0}{T_0} = \frac{1.013\times10^5 \times 22.4\times10^{-3}}{273} = 8.31 J/mol.K$$

أو $R = 8.31\ kJ/kmol.K$

من المعادلة العامة للغازات المثالية نستنتج معادلة الحالة للغاز المثالي:

$$pv = rT \qquad (5)$$

حيث: :p ضغط الغاز (P_a)

V: الحجم النوعي للغاز (m3 / kg)

T: درجة حرارة الغاز (K)

r: ثابت الغاز الخاص (k J / kg. K)

و العلاقة التي تربط r و R هي:

$$r = \frac{R}{m} \qquad (6)$$

حيث: m: الكتلة الجزيئية للغاز

من أجل كتلة قدرها m (kg)

$$pv = mrT \qquad (7)$$

حيث: :V حجم الغاز (m^3)

حسب القانون الأول في الترموديناميك: فإن كمية الحرارة المتبادلة بين الجملة والوسط المحيط تمثل مقدار تغير الطاقة الداخلية للجملة زائد العمل المتبادل بين الجملة والوسط المحيط بها، وفق المعادلة التالية:

$$q = \Delta u + w \qquad (8)$$

حيث: :q كمية الحرارة (k J / kg)

Δu: تغير الطاقة الداخلية للغاز (k J / kg) وتعطى بالعلاقة:

$$\Delta u = \int_1^2 c_v . dT \qquad (9)$$

W: العمل الخارجي (k J/ kg) *ويعطى* بالعلاقة:

$$w = \int_1^2 p . dv \qquad (10)$$

لذلك يسمى بعمل التمدد أيضا".

3-2 الحرارة النوعية للغازات:

تعرف الحرارة النوعية لمادة ما بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من تلك المادة مقدار درجة واحدة. وللغاز حرارتين نوعيتين:

1. الحرارة النوعية تحت حجم ثابت: وهي التي نحصل عليها بتسخين الغاز تحت حجم ثابت. فإذا سخنت كمية من الغاز كتلتها (m) تحت حجم ثابت من درجة الحرارة T_1 إلى درجة الحرارة T_2 فإن كمية الحرارة التي اكتسبها الغاز تساوي حسب التعريف:

$$Q = mC_v(T_2 - T_1) \qquad (11)$$

من أجل واحدة الكتلة

$$q = C_v(T_2 - T_1) \qquad (11')$$

2 - الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت C_p : وهي التي نحصل عليها بتسخين الغاز تحت ضغط ثابت. فإذا سخنت كمية من الغاز كتلتها m تحت ضغط ثابت من درجة الحرارة T_1 إلى درجة الحرارة T_2 فإن كمية الحرارة التي اكتسبها الغاز تساوي حسب التعريف:

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) \qquad (12)$$

من أجل واحدة الكتلة

$$q = C_p(T_2 - T_1) \qquad (12')$$

نرمز عادة للنسبة $k = \frac{C_p}{C_v}$ الأس الأديباتي أو الأس الكظيم

لكل غاز مثالي (أو المعامل كغاز مثالي) أربع ثوابت هي: (r , c_v , c_p , k) وترتبط هذه الثوابت مع بعضها البعض بالعلاقتين :

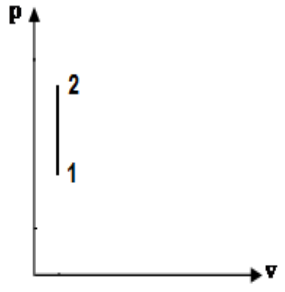
$$r = c_p - c_v \qquad (13)$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} \qquad (14)$$

4-2 العمليات الترموديناميكية:

1- العملية الترموديناميكية المتساوية الحجوم Isochore processes

من معادلة الحالة (5) نجد أن: $V = const \rightarrow \frac{p}{T} = const \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$



من المعادلة (10)نجد أن: $w = 0$

من القانون الأول في الترموديناميك (8) $q = \Delta u + w$

نجد أن:

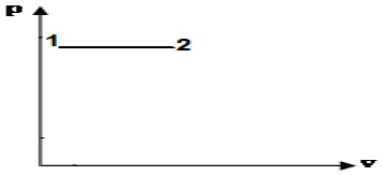
$$q = \Delta u = c_v (T_2 - T_1) \qquad (15)$$

2- العملية المتساوية الضغوط Isobare processes (p = const) :

من معادلة الحالة نجد أن: $p = const \rightarrow \frac{V}{T} = const \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$

من المعادلة (9) نجد أن: $\Delta u = c_v (T_2 - T_1)$ ومن المعادلة (10) نجد أن :

$$w = p (v_2 - v_1) = r(T_2 - T_1) \qquad (16)$$



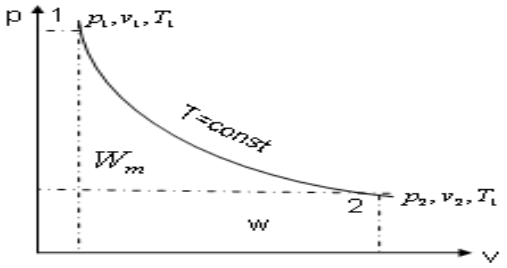
من القانون الأول في الترموديناميك (8)نجد أن:

$$q = c_v(T_2 - T_1) + r(T_2 - T_1) = (c_v + r)(T_2 - T_1)$$

ولكن من المعادلة (13)نجد أن: $c_p = c_v + r$ وبالتالي نجد أن :

$$q = c_p(T_2 - T_1) \qquad (17)$$

3-العملية المتساوية درجة الحرارة (T = const): Isothermal processes



من معادلة الحالة نجد أن: $T = const \rightarrow p.v = const \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}$

من المعادلة (9) نجد أن: $\Delta u = c_v\,(T_2 - T_1) = 0$

ومن المعادلة (10) والقانون الأول في الترموديناميك (8)نجد أن: $q = w = \int_1^2 p.dv$

بما أن (p,v) , فمن معادلة الحالة (5) نجد أن : $p = \frac{r.T}{v}$ نعوض في المعادلة السابقة :

$$q = w = \int_1^2 r.T\frac{dv}{v} = r.T\int_1^2 \frac{dv}{v} = r.T[\ln v]_{v_1}^{v_2} = r.T(\ln v_2 - \ln v_1) \rightarrow$$

$$q = w = r.T.ln\frac{v_2}{v_1} = r.T.ln\frac{p_1}{p_2} \qquad (18)$$

4-العملية الأدباتية (الكظيمة) Adiabatic processes (q = 0) :

نقول عن عملية ما أنها كظيمة عندما تتم بدون أي تبادل حراري بين الجملة والوسط الخارجي. أما إذا كانت شروط العكوسية محققة في العملية الكظيمة فتسمى عندئذ بالعملية **الإيزونتروبية**. معادلة هذه العملية مشابهة لمعادلة العملية المتساوية درجة الحرارة مع تغير بسيط يظهر فيه الأس الأدباتي (k) في المعادلة التي تأخذ الشكل التالي:

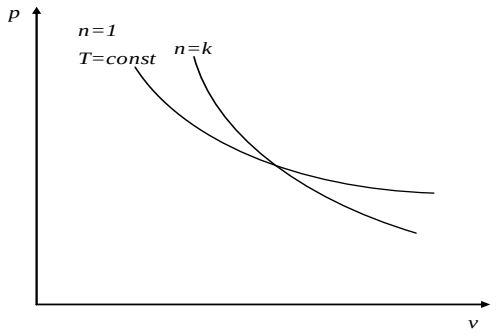
$$p.v^k = const \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k$$

ونحصل كذلك على العلاقتين التاليتين: $T.v^{k-1} = const \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1}$

$$T.p^{\frac{k}{k-1}} = const \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

من القانون الأول في الترموديناميك (8)والمعادلة (9) نجد أن:

$$w = -\Delta u = c_v(T_1 - T_2) \qquad (19)$$



مقارنة بين العملية المتساوية الاحرار والعملية الأديباتية

5-2 الحرارة المحمولة (الأنتروبي) :Entropy

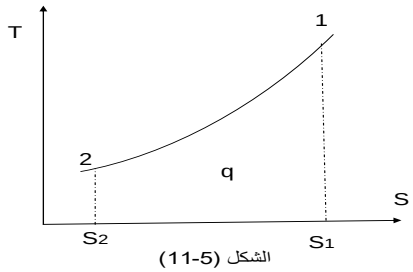
نطلق اسم الحرارة المحمولة (الأنتروبي) على النسبة بين كمية الحرارة ودرجة حرارتها المطلقة. ونرمز لعا بالرمز (s) وواحدتها [kJ /kg.k] وتحسب من العلاقة التالية:

$$ds = \frac{dq}{T} \rightarrow \Delta s = \int_1^2 \frac{dq}{T} \qquad (20)$$

من العلاقة السابقة نجد أن:

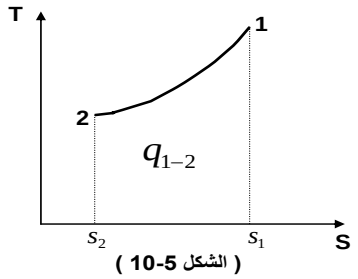
$$dq = \int_{s_1}^{s_2} T.ds \qquad (21)$$

وبالتالي فإن المساحة المحصورة بين منحني العملية ومحور الأنتروبي تمثل كمية الحرارة أما إذا كانت الدارة مغلقة فإن المساحة ضمن الدارة تمثل العمل المفيد للدارة.



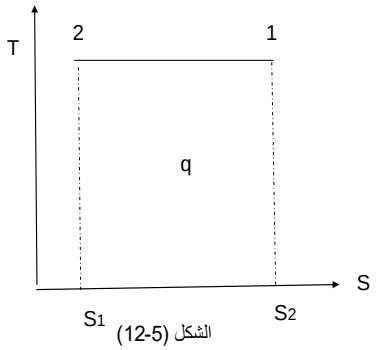
الشكل (5-11)

تمثيل العملية المتساوية الضغوط على مخطط T-S



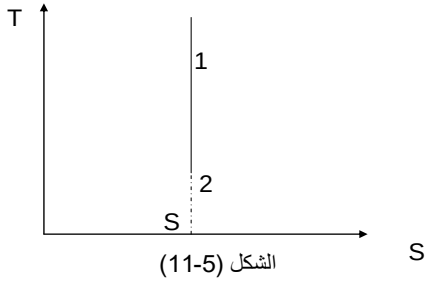
(الشكل 5-10)

تمثيل العملية المتساوية الحجوم على مخطط (T-S)



الشكل (5-12)

تمثيل العملية المتساوية الاحرار على مخطط T-S



الشكل (5-11)

تمثيل العملية الأديبائية على مخطط T-S

6-2 دارة أوتو:

منذ بداية القرن التاسع عشر حاول العديد من العلماء وضع دارات ترموديناميكية وتنفيذها، ولكنها فشلت كلها لأسباب عديدة. في عام 1861 وضع المهندس الألماني أوغوست أوتو دارة ترموديناميكية، صارت تعرف باسم دارة أوتو الترموديناميكية،

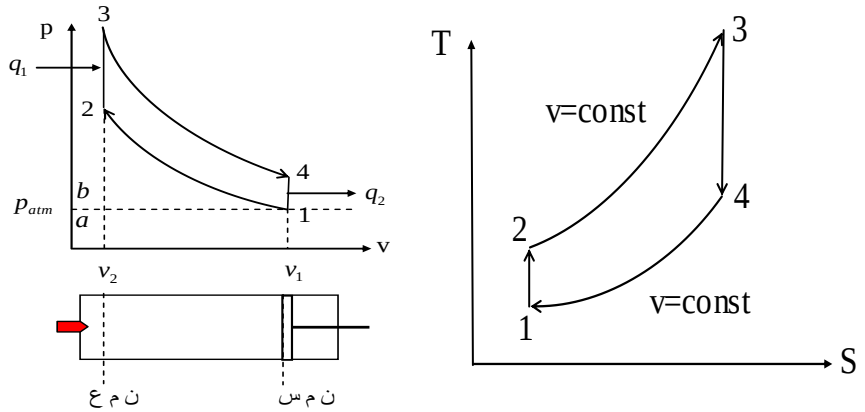
تألف دارة أوتو من العمليات الترموديناميكية التالية:

2-1- انضغاط أديباتي (كظيم) انضغاط بدون تبادل كمية من الحرارة مع الوسط المحيط

2-3- تقديم حرارة تحت حجم ثابت

3-4- تمدد أديباتي

4-1- نبذ (طرح) الحرارة تحت حجم ثابت.



لدراسة الدارة لا بد من حساب العمل في كل عملية وكذلك كمية الحرارة ثم العمل المفيد لكل الدارة والمردود الحراري (الترموديناميكي) لها.

العملية *(2 – 1)* انضغاط أديباتي وبالتالي: $q_{1-2} = 0$ *من العلاقة* (8) نجد أن:

$$\Delta u_{1-2} + w_{1-2} = 0 \rightarrow w_{1-2} = -\Delta u_{1-2} = -\int_1^2 c_v . dT$$

وبالتالي: (22) $$w_{1-2} = -c_v(T_2 - T_1) = c_v(T_1 - T_2)$$

العملية (3 – 2) عملية تقديم حرارة تحت حجم ثابت وبالتالي من العلاقة *(10)* نجد أن: $w_{2-3} = 0$

وبالتالي من العلاقة *(8)* نجد أن $$q_{2-3} = \Delta u_{2-3} = \int_2^3 c_v . dT$$

(23) $$q_1 = q_{2-3} = c_v(T_3 - T_2)$$

العملية (4 – 3) تمدد أديباتي وبالتالي: $q_{3-4} = 0$ من العلاقة (8) نجد أن:

$$\Delta u_{3-4} + w_{3-4} = 0 \rightarrow w_{3-4} = -\Delta u_{3-4} = -\int_3^4 c_v . dT$$

وبالتالي: (24) $$w_{3-4} = -c_v(T_4 - T_3) = c_v(T_3 - T_4)$$

العملية (1- 4) عملية نبذ الحرارة تحت حجم ثابت وبالتالي: $w_{4-1} = 0$ من العلاقة (8) نجد أن:

$$q_{4-1} = \Delta u_{4-1} = \int_4^1 c_v . dT = c_v(T_1 - T_4)$$

أو ((25 $$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1)$$

نحسب الآن العمل المفيد للدارة ويساوي مجموع الأعمال:

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1}$$

$$w_u = c_v(T_1 - T_2) + 0 + c_V(T_3 - T_4) + 0 = c_v(T_1 - T_2) + c_v(T_3 - T_4)$$

$$w_u = c_v.T_1 - c_v.T_2 + c_v.T_3 - c_v.T_4 = c_v(T_3 - T_2) - C_V(T_4 - T_1)$$

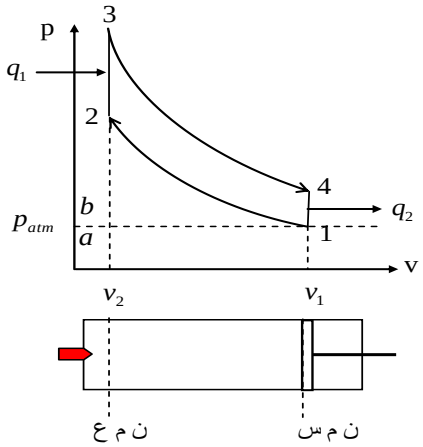
وبالتالي نلاحظ أن:

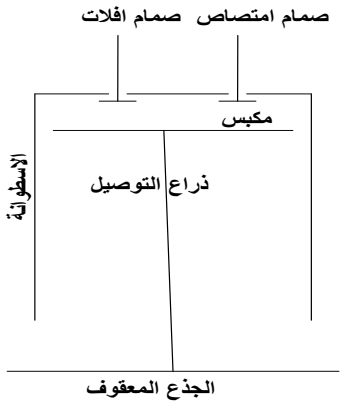
$$w_u = q_1 - q_2 \qquad (26)$$

المردود الحراري للدارة يمثل نسبة ما حصلنا عليه من الآلة إلى ما قدمناه لها وفي حالة محرك الاحتراق الداخلي يمثل المردود الحراري (الترموديناميكي) نسبة العمل المفيد إلى كمية الحرارة المقدمة:

$$\eta_t^{ot} = \frac{w_u}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \qquad (27)$$

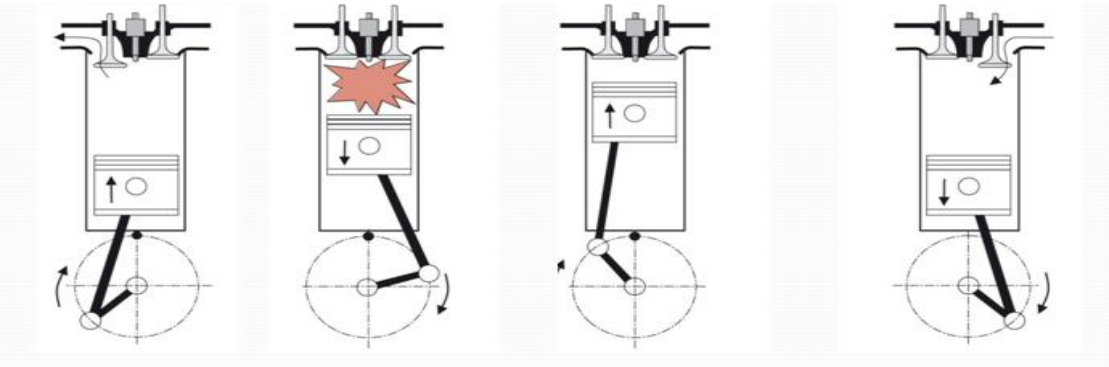
بعد محاولات عديدة تمكن المهندس أوتو من تنفيذ محركه الأول عام 1867والذي دار بمعدل (180 r.p.m) مولدا" استطاعة قدرها (P = 2, 24 k W)





الشكل (3-6)

مخطط تمثيلي لاسطوانة المحرك المكبسي



سنشرح الآن عمل هذا المحرك، وكيفية تنفيذ الدارة الترموديناميكية.

يتألف المحرك من اسطوانة يتحرك ضمنها مكبس بحركة خطية ترددية بين النقطتين (ن.م.س) النقطة الميتة السفلى و(ن.م.ع) النقطة الميتة العليا، ويقوم ذراع التوصيل بنقل تلك الحركة الترددية إلى محور الجذع المعقوف (الكرنك) الذي يحول تلك الحركة الخطية إلى حركة دورانية.

تبدأ الدارة عندما يكون المكبس في أسفل الاسطوانة أي في (ن.م.س) ويتحرك المكبس إلى الأعلى ضاغطا الشحنة ضمن الاسطوانة (الصمامات مغلقة) -تتكون الشحنة من مزيج من البنزين والهواء وهو مزيج قابل للاحتراق -وقبيل وصول المكبس إلى (ن.م.ع) يشتعل المزيج بمساعدة شمعة الاحتراق، التي تقدم للمزيج الشرارة اللازمة لإتمام عملية الاحتراق. وعملية الانضغاط والاحتراق شملها أوتو بشوط واحد لحركة المكبس سماه شوط الانضغاط والاحتراق. بعد إتمام عملية الاحتراق ترتفع قيمة الضغط ودرجة الحرارة ضمن الاسطوانة فتدفع غازات الاحتراق المكبس من (ن.م.ع) باتجاه (ن.م.س)، بما عرف في الدارة بعملية التمدد الأديباتي، منجزا" المكبس بذلك عملا". لدى وصول المكبس إلى (ن.م.س) يفتح صمام الإفلات وتندفع غازات الاحتراق ذات الضغط العالي منجزا بذلك شوط التمدد. في نهاية هذا الشوط لا بد من التخلص من غازات الاحتراق المتبقية في الاسطوانة كي نستعيض عنها بالشحنة الجديدة القابلة للاحتراق، وهنا اقترح أوتو ضرورة إضافة شوطين لا علاقة لهما بالدارة ولكنهما ضروريان لمتابعة عمل الدارة بشكل دوري ومستمر. لا بد من وجود شوط طرد (كنس) الغازات المتبقية فيتحرك المكبس من (ن.م.س) باتجاه (ن.م.ع) [1-a] وصمام الإفلات مفتوحا" طاردا بذلك كل الغازات المتبقية في الاسطوانة. بعد بلوغ المكبس (ن.م.ع) يغلق صمام الإفلات ويفتح صمام الامتصاص لاستقبال الشحنة الجديدة فأثناء تحرك المكبس من (ن.م.ع) باتجاه (ن.م.س) [1-b] يحدث تخلخل ضمن الاسطوانة مما يسمح للشحنة الجديدة من الدخول إلى الاسطوانة عبر صمام الامتصاص، ولدى بلوغ المكبس (ن.م.س) يغلق صمام الامتصاص ونعود بذلك لبداية الدارة. أن دارة أوتو الترموديناميكية تنجز عبر شوطين فقط للمكبس، وهما شوط الانضغاط والاحتراق ثم شوط التمدد والإفلات، أما شوطي الطرد والامتصاص فهما شوطان إضافيان لضمان استمرارية عمل المحرك. وهكذا ظهر محرك أوتو رباعي الأشواط، والذي بات يعرف باسم المحرك البنزيني رباعي الشوط

1- الشوط الأول هو شوط الامتصاص
2- الشوط الثاني هو شوط الانضغاط والاحتراق
3- الشوط الثالث هو شوط التمدد والإفلات
4- الشوط الرابع هو شوط الطرد (الكنس)

في محرك أوتو لا يمكن بلوغ نسب انضغاط كبيرة، وبالتالي عزم دوران كبير، لأن نسبة الانضغاط العالية قد تسبب حالة الاشتعال الذاتي للخليط (الشحنة) قبل بلوغ المكبس نهاية عملية الانضغاط. إن نسبة الانضغاط في محرك أوتو صغيرة وتتراوح بين: $\varepsilon_{ot} = \frac{v_1}{v_2}$ [6 – 10] وفي المحركات الحديثة قد تصل نسبة الانضغاط حتى 12

7-2 دارة ديزل:

سعيا" لحل معضلة انخفاض نسبة الانضغاط في دارة أوتو أدخل المهندس الألماني رودولف ديزل 1892 تعديلا" طفيفا" على دارة أوتو محولا" عملية الاحتراق فيها من عملية تحت حجم ثابت إلى عملية تحت ضغط ثابت. وتوج عمله هذا عام 1897 بصنع محركه الأول الذي يعمل كما هو الحال في محرك أوتو بأربعة أشواط.

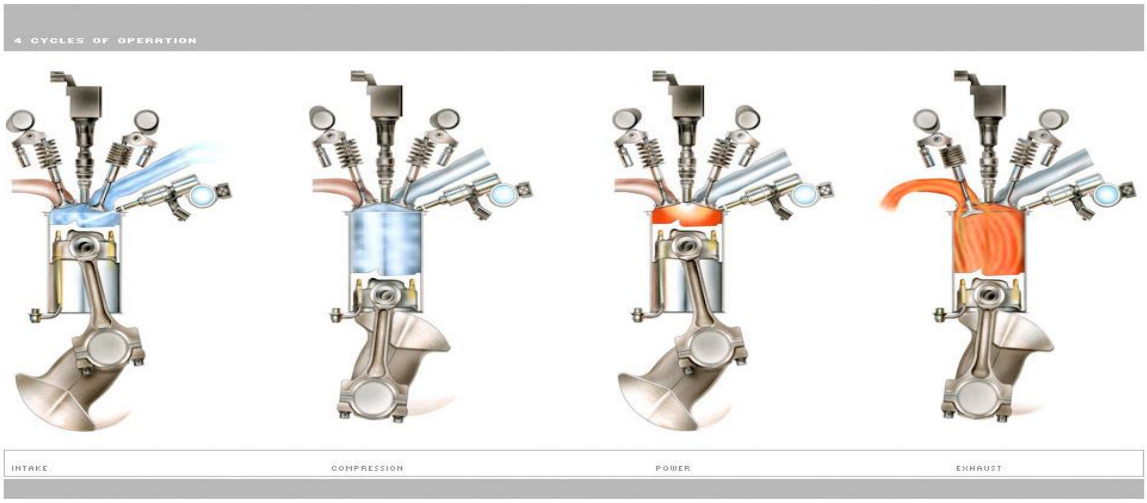
تتألف دارة ديزل من العمليات الترموديناميكية التالية:

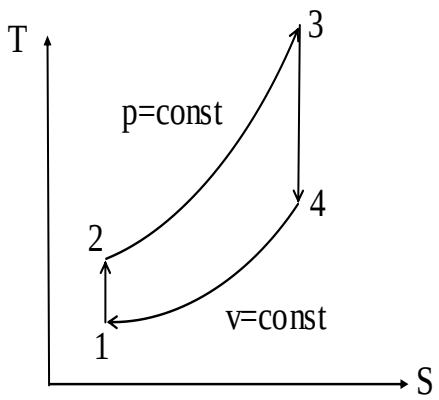
2 انضغاط أديباتي (كظيم) انضغاط بدون تبادل كمية من الحرارة مع الوسط المحيط

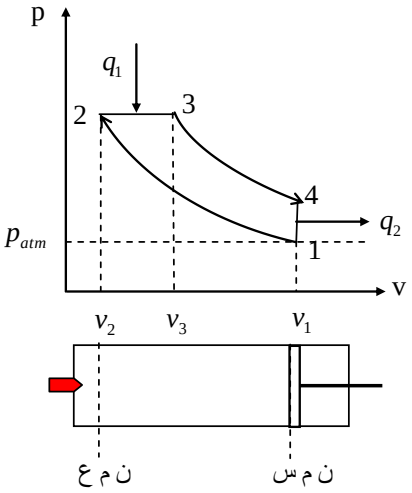
3-2- تقديم حرارة تحت ضغط ثابت

4-3- تمدد أديباتي

4-1- نبذ (طرح) الحرارة تحت حجم ثابت.







لا يختلف محرك ديزل كثيرا" عن محرك أوتو إلا أنه يتميز ببلوغه نسب انضغاط أعلى بكثير عما هو عليه في محرك أوتو. حيث النسب تتراوح بين ($\varepsilon = 16-20$) وحقق هذا الأمر من خلال تغير طبيعة الشحنة الممتصة خلال شوط الامتصاص فبدلا" من مزيج الهواء والوقود كما هو حال محرك أوتو أصبحت الشحنة مكونة من هواء فقط ولا خوف من ارتفاع درجة حرارته خلال عملية الانضغاط، بل على العكس لابد لدرجة حرارة الهواء أن ترتفع حتى تبلغ درجة حرارة الاشتعال الذاتي للوقود الذي سيحقن ضمن الأسطوانة في نهاية عملية الانضغاط ولحظة بدء المكبس الانتقال من (ن.م.ع) إلى (ن.م.س) لتتم عملية الاحتراق اللحظي تحت ضغط ثابت. حيث أن انخفاض الضغط ضمن الأسطوانة نتيجة تحرك المكبس نحو (ن.م.س) يعوضه ضغط الوقود المحقون. وفي هذا المحرك نستعيض عن شمعة الاحتراق بحاقن الوقود.

دراسة الدارة الترموديناميكية:

العملية *(2 – 1)* انضغاط أديباتي وبالتالي: $q_{1\text{-}2} = 0$ *من العلاقة* (8) نجد أن :

$$\Delta u_{1-2} + w_{1-2} = 0 \rightarrow w_{1-2} = -\Delta u_{1-2} = -\int_1^2 c_v . dT$$

وبالتالي: *(22)*

$$w_{1-2} = -c_v(T_2 - T_1) = c_v(T_1 - T_2)$$

العملية (3 – 2) عملية تقديم حرارة تحت ضغط ثابت وبالتالي من العلاقة *(10)* نجد آن.

$$w_{2-3} = \int_2^3 \mathrm{p.dv} = \mathrm{p_2(v_3 - v_2)} \qquad (28)$$

من معادلة الحالة للغاز لدينا: p .v = r .T نعوض في المعادلة السابقة

$$w_{2-3} = r(T_3 - T_2) \qquad (29)$$

$$\mathrm{q_1} = c_v(T_3 - T_2) + r(T_3 - T_2) = (c_v + r)(T_3 - T_2)$$

ولكن $r = c_p - c_v \rightarrow c_p = c_v + r$

$$q_1 = q_{2-3} = c_p(T_3 - T_2) \qquad (30)$$

العملية (4 – 3) تمدد أديباتي وبالتالي: $q_{3-4} = 0$ من العلاقة (8) نجد أن:

$$\Delta u_{3-4} + w_{3-4} = 0 \rightarrow w_{3-4} = -\Delta u_{3-4} = -\int_3^4 c_v.dT$$

وبالتالي ((24 $w_{3-4} = -c_v(T_4 - T_3) = c_v(T_3 - T_4)$

العملية (1- 4) عملية نبذ الحرارة تحت حجم ثابت وبالتالي: $w_{4-1} = 0$ من العلاقة (8) نجد أن:

$$q_{4-1} = \Delta u_{4-1} = \int_4^1 c_v\,.dT = c_v(T_1 - T_4)$$

أو (25) $q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1)$

نحسب الآن العمل المفيد للدارة ويساوي مجموع الأعمال:

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1}$$

$$\mathrm{w_u} = c_v(T_1 - T_2) + r(T_3 - T_2) + c_v(T_3 - T_4) = 0$$

$$\mathrm{w_u} = c_v.T_1 - c_v.T_2 + r.T_3 - r.T_2 + c_v.T_3 - c_v.T_4$$

$$w_u = r.T_3 + c_v.T_3 - rT_2 - c_v.T_2 + c_v.T_1 - c_v.T_4$$

$$w_u = (r + c_v)(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1) = c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)$$

وهي نفس العلاقة (26) المستنتجة في دارة أوتو:

$$\mathrm{w_u} = q_1 - q_2 \qquad (26)$$

$$\eta_t^d = \frac{w_u}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \qquad (27)$$

مسالة (1):

أحسب قيمة الحرارة النوعية تحت حجم ثابت (cv) وقيمة الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت (cp) *لغاز مثالي ثابته الخاص* (r = 0,287 k J /kg.K) *واسه الأديباتي* (k = 1,4)

الحل: $k = \frac{c_p}{c_v} \rightarrow c_p = k.c_v$ نعوض في العلاقة : $r = c_p - c_v$

$$r = k.c_v - c_v = c_v(k - 1)$$

$$c_v = \frac{r}{k-1} = \frac{0{,}287}{1{,}4-1} = 0{,}7175 \approx 0{,}718 \quad \frac{k\,J}{kg.K}$$

$$c_p = k.c_v = \frac{k.r}{k-1} = \frac{1{,}4\times 0{,}287}{1{,}4-1} = 1{,}0045 \approx 1{,}005 \quad \frac{k\,J}{kg.K}$$

مسالة (2):

أحسب قيمة الثابت الخاص لغاز مثالي (r) وقيمة الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت (c_p) , إذا كان اسه الأديباتي (k = 1,35) وقيمة حرارته النوعية تحت حجم ثابت ($c_v = 0{,}54 \ \frac{kJ}{kg.K}$)

الحل: $k = \frac{c_p}{c_v} \rightarrow c_p = k.c_v = 1{,}35 \times 0{,}54 = 0{,}729 \ \frac{kJ}{kg.K}$

$r = c_p - c_v = 0{,}729 - 0{,}54 = 0{,}189 \ \frac{kJ}{kg.K}$

مسألة:(3)

أحسب قيمة ثابت الغاز الخاص (r) *والأس* الأديباتي لغاز مثالي إذا كان

$c_v = 10{,}1 \ \frac{kJ}{kg.K}$, $c_p = 14{,}2 \ \frac{kJ}{kg.K}$

الحل: $k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{14{,}2}{10{,}1} = 1{,}40594 \approx 1{,}406$

$r = c_p - c_v = 14{,}2 - 10{,}1 = 4{,}1 \ \frac{kJ}{kg.K}$

مسألة (4):

أحسب ثابت الغاز الخاص لكل من الغازات التالية:

الهيدروجين (H_2) حيث كتلته الجزيئية $m_{H_2} = 2$ kg / kmol

الأوكسجين (O_2) *حيث كتلته الجزيئية* $m_{O_2} = 32$ *kg / kmol*

الكربون (C) حيث كتلته الجزيئية $m_C = 12$ *kg / kmol*

ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) حيث كتلته الجزيئية $m_{CO_2} = 44$ kg / kmol

الحل: من العلاقة $r = \frac{R}{m}$ حيث : R = 8,31 k J / kmol.K

$r_{H_2} = \frac{8{,}31}{2} = 4{,}155 \ \frac{kJ}{kg.K}$

$r_{O_2} = \frac{8{,}31}{32} \approx 0{,}26 \ \frac{kJ}{kg.K}$

$r_C = \frac{8{,}31}{12} \approx 0{,}693 \ \frac{kJ}{kg.K}$

$r_{CO_2} = \frac{8{,}31}{44} \approx 0{,}189 \ \frac{kJ}{kg.K}$

المسألة (5):

احسب ثابت الغازات الخاص لـ Co_2، واحسب قيمة الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت، C_p، ثم احسب الأس الأديباتي.

علماً أنّ: الكتلة الجزيئية للكربون $m_c = 12$ [kg/kmol]

الكتلة الجزيئية للأوكسجين $m_o = 16$ [kg/kmol]

$C_V = 0,54$ [kJ/kg.k]

الحل: $r = \frac{R}{m_{co2}} = \frac{8{,}31}{44} = 0{,}1888 \approx 0{,}19 \ \frac{kJ}{kg.k}$

$r = c_p - c_v \rightarrow c_p = r + c_v$

$c_p = 0{,}19 + 0{,}54 = 0{,}73 \ \frac{kJ}{kg.k}$

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{0,73}{0,54} = 1,352$$

ملاحظة:

1. $1[atm] = 1.013 \times 10^5[pa]$
2. من مضاعفات الباسكال: bar=10^5[pa]
3. $1m^3$=1000 lit

المسألة (6):

غاز كثافته [kg/m^3] $\rho = 2\times10^{-3}$ وثابت الغاز الخاص له r = 0.2 [kJ/kg.k] وضغطه P = 100[pa] المطلوب حساب درجة حرارته .

الحل:

$$\frac{P}{\rho} = r\,T$$

$$T = \frac{P}{r.\rho} = \frac{100}{0.2 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-3}} = 250[k]$$

المسألة (7):

غاز درجة حرارته T_1 = 400[K] والضغط P_1 = 1[bar] قمنا بزيادة الضغط تحت حجم ثابت حتى أصبح $P_2 = 2P_1$ احسب T_2 ؟

الحل:

$$P_1.V_1 = n.R.T_1 \quad (1)$$

$$P_2.V_2 = n.R.T_2 \quad (2)$$

لكن: $V = V_1 = V_2$

بنسب العلاقتين 1و2 نجد:

$$\frac{P_2.V_2}{P_1.V_1} = \frac{n.R.T_2}{n.R.T_1} \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1}.T_1$$

$T_2 = 2.400 = 800[K]$

مسألة (8):

في اسطوانة سعتها $0.3m^3$ ومزودة بمكبس متحرك يوجد هواء ضغطه p=19.6 bar ودرجة حرارته $t_1 = 19c^0$.أوجد كتلة الهواء والحجم النهائي للهواء والعمل الذي أنجزه وتغير طاقته الداخلية وكمية الحرارة المعطاة للهواء، إذا علمت أن درجة حرارة الهواء النهائية $t_2 = 400$ وأن عملية إعطاء الحرارة تتم عند ضغط ثابت وأن

r = 286.69 J/ kg.K , cp = 1030 J/kg.K

الحل: حساب كتلة الهواء من قانون الغازات العام :

$$PV = mrT$$

$$m = \frac{P.V}{r.T} = \frac{19.6x0.3x10^5}{286.69x292} = 7.02\ k$$

حساب حجم الهواء النهائي من العلاقة التالية:

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$$

$$V_2 = \frac{673}{292} X 0.3 = 0.691 m^3$$

العمل الذي أنجزه الهواء:

$$W = p(V_2 - V_1)$$

$$W = \frac{19.6x10^5(0.691 - 0.3)}{10^3} = 766.36 \text{ kJ}$$

حساب تغير الطاقة الداخلية:

$$\Delta U = m \int_1^2 c_v . dT = mc_v(T_2 - T_1)$$

$C_v = C_p$ - r =1030-286.69=743.31J/kg.K

$$\Delta U = 7.02x743.31x381 = 1988 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta U + W$$

Q=2754.36kJ

ويمكن أن تحسب كمية الحرارة من العلاقة التالية:

Q= $mc_p(T_2 - T_1)$ = 7.02x1.03x381=2754.85kJ

مسألة (9):

محرك يعمل وفق دارة أوتو ضمن شروط العمل الفعلية التالية:

P_1 = 1 bar, T_1 = 290 K, T_2 = 666 K, T_3 = 1850 K, T_4 = 900 K

المطلوب حساب:

1- العمل الخارجي وكمية الحرارة المتبادلة في كل عملية من عمليات الدارة

2- العمل المفيد للدارة

3- المردود الحراري (الترموديناميكي) للدارة

اعتبر أن: c_v = 0,718 k J / kg.K

الحل: العملية (1-2) عملية انضغاط أديباتي $q_{1-2} = 0$

$$w_{1-2} = c_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(290 - 666) = -269{,}968 \ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

العملية ((2-3 عملية تقديم حرارة تحت حجم ثابت $w_{2-3} = 0$

$$q_1 = q_{2-3} = c_v(T_3 - T_2) = 0{,}718(1850 - 666) = 850{,}112 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (3-4) *عملية تمدد أديباتي* $q_{3-4} = 0$

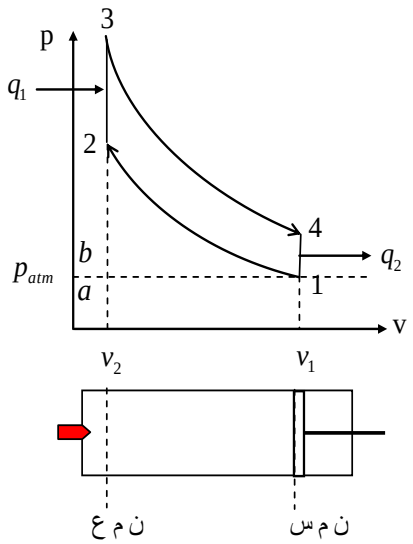
$$w_{3-4} = c_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1850 - 900) = 682{,}1 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (4-1) *عملية* نبذ الحرارة تحت حجم ثابت $w_{4-1} = 0$

$$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718\ (900 - 290) = 437{,}98 \quad \frac{kJ}{kg}$$

العمل المفيد $w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1}$

$$\mathrm{w_u} = -269{,}968 + 0 + 682{,}1 + 0 = 412{,}132 \quad \frac{kJ}{kg}$$



يمكن حساب العمل المفيد بالعلاقة $\mathrm{w_u} = q_1 - q_2 = 850{,}112 - 437{,}98 = 412{,}132 \quad \frac{kJ}{kg}$

المردود الحراري (الترموديناميكي): $\eta_t^{ot} = \frac{w_u}{q_1} = \frac{412{,}132}{850{,}112} = 0{,}4848 \ \rightarrow \ \eta_t^{ot} = 48{,}48\ \%$

مسالة (10).

محرك يعمل وفق دارة ديزل ضمن شروط العمل التالية:

$P_1 = 1$ bar, $T_1 = 288$ K, $T_2 = 778$ K, $T_3 = 1400$ K, $T_4 = 655{,}5$ K

المطلوب حساب: 1-العمل الخارجي وكمية الحرارة المتبادلة في كل عملية،

2-العمل المفيد لكامل الدارة،

3-المردود الحراري للدارة.

اعتبر أن: $c_p = 1{,}005$ k J / kg.K , $c_v = 0{,}718$ k J / kg. K

الحل: $r = c_p - c_v = 1{,}005 - 0{,}718 = 0{,}287 \quad \frac{kJ}{kg.K}$

العملية (1-2) عملية انضغاط أديباتي: $q_{1\text{-}2} = 0$

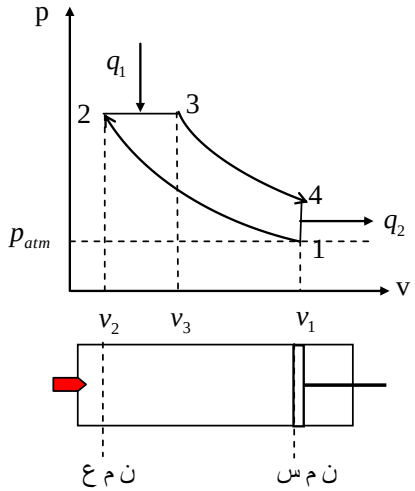
$$\mathrm{w_{1-2}} = c_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(288 - 778) = -351{,}82 \quad \frac{kJ}{kg}$$

العملية (2-3) *عملية تقديم حرارة تحت ضغط ثابت:*

$$w_{2-3} = r(T_3 - T_2) = 0.287(1400 - 778) = 178{,}514 \quad \frac{kJ}{kg}$$

$$q_1 = q_{2-3} = c_p(T_3 - T_2) = 1{,}005(1400 - 778) = 625{,}11 \quad \frac{kJ}{kg}$$

العملية (3-4) عملية تمدد أدباتي: $q_{3\text{-}4} = 0$



$$w_{3-4} = c_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1400 - 655{,}5) = 534{,}551 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (1-4) عملية نبذ الحرارة تحت حجم ثابت: $w_{4\text{-}1} = 0$

$$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(655{,}5 - 288) = 263{,}865 \ \frac{kJ}{kg}$$

العمل المفيد لكامل الدارة: $w_u = q_1 - q_2 = 625{,}11 - 263{,}865 = 361{,}245 \ \frac{kJ}{kg}$

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -351{,}82 + 178{,}514 + 534{,}551 + 0 = 361{,}245 \ \frac{kJ}{kg}$$

المردود الحراري (الترموديناميكي) للدارة:

$$\eta_t^d = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{263{,}865}{625{,}11} = 0{,}5779 \ \rightarrow \eta_t^d = 57{,}79\ \%$$

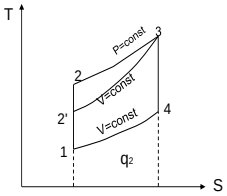
مسالة (11):

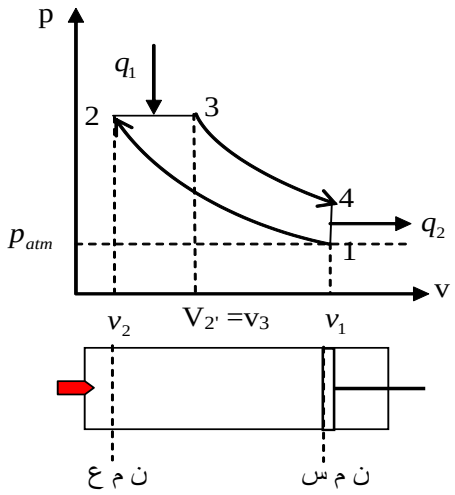
المطلوب مقارنة المردود الحراري لكل من دارة ديزل في المسألة السابقة (6) ودارة أوتو إذا كانت درجة الحرارة الأعظمية والضغط العظمي متساوية في كلتا الدارتين.

الحل:

النقاط المشتركة في كلا الدارتين هي (1-3-4) *وتختلفان في النقطتين* (2') (2) *لذا لا بد من حساب درجة الحرارة عند النقطة* (2'). *بما أن* ($v_3 = v_{2'}$, $v_1 = v_4$) *نجد أن :*

$$\frac{T_{2'}}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_{2'} = T_1 \frac{T_3}{T_4} = 288 \frac{1400}{655{,}5} = 615{,}103 \rightarrow T_{2'} = 615 \ K$$





إن قيمة (q_2 = 263,865 k J /kg) متساوية في كلا الدارتين بينما قيمة (q'_1) تختلف عن قيمة (q_1) لذا يجب حساب كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو

$$q'_1 = c_v(T_3 - T_{2'}) = 0{,}718(1400 - 615) = 563{,}63 \ \frac{k\,J}{kg}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q'_1} = 1 - \frac{263{,}865}{563{,}63} = 0{,}53185 \ \rightarrow \eta_t^{ot} = 53{,}185 \ \%$$

المردود الحراري لدارة ديزل يساوي (57,79 %) وبالتالي نجد أن: $\eta_t^d > \eta_t^{ot}$

مسألة (12):

المطلوب مقارنة دارة أوتو(1-4-3-2-1) مع دارة ديزل (1-4-3'-2-1) ضمن شروط العمل التالية:

T_1 = 288 K, T_2 = 615 K, T_3 = 1400 K, T_3' = 1107 K, T4 = 655,5 K

c_v = 0,718 k J / kg.K و r = 0,287 k J / kg.K

الحل:

$$c_p = r + c_v = 0{,}287 + 0{,}718 = 1{,}005 \ \frac{k\,J}{kg.K}$$

نلاحظ أن الدارتين لهما نفس كمية الحرارة المنبوذة وتختلفان بكمية الحرارة المقدمة، لأن قيمة العمل المفيد مختلفة، حيث أن العمل المفيد في دارة أوتو أكبر من العمل المفيد في دارة ديزل. وبالتالي فإن كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو أكبر من كمية الحرارة المقدمة في دارة ديزل.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

للمقارنة يكفي أن نحسب كمية الحرارة المنبوذة وكمية الحرارة المقدمة في كل دارة

كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو

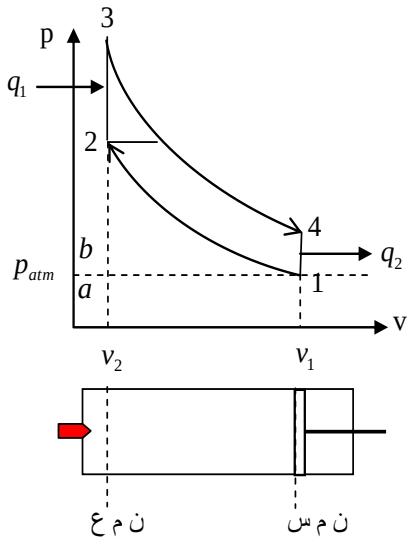
$$q_1^{ot} = c_v(T_3 - T_2) = 0{,}718(1400 - 615) = 563{,}63 \ \frac{k\,J}{kg}$$

كمية الحرارة المقدمة في دارة ديزل

$$q_1^{d} = c_p(T_{3'} - T_2) = 1{,}005(1107 - 615) = 494{,}46 \ \frac{k\,J}{kg}$$

كمية الحرارة المنبوذة في كلا الدارتين

$$q_2 = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(655{,}5 - 288) = 263{,}865 \ \frac{k\,J}{kg}$$



المردود الحراري لدارة أوتو

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1^{ot}} = 1 - \frac{263,865}{563,63} = 0,53,185 \rightarrow \eta_t^{ot} = 53,185\ \%$$

المردود الحراري لدارة ديزل

$$\eta_t^{d} = 1 - \frac{q_2}{q_1^{d}} = 1 - \frac{263,865}{494,46} = 0,46636 \rightarrow \eta_t^{d} = 46,636\ \%$$

وبالتالي نجد أن: $\eta_t^{ot} > \eta_t^{d}$

مسألة (13):

محرك يعمل وفق دارة ديزل (1-4-3-2-1) بشروط العمل التالية:

$T_1 = 288\ K,\ T_2 = 778\ K,\ T_3 = 1400\ K,\ T_4 = 655,5\ K$

المطلوب مقارنة مردود هذه الدارة مع مردود دارة أوتو (1-4'-3'-2'-1) حيث $T_3' = 1527,5\ K$

مع العلم أن الضغط الأعظمي وكمية الحرارة المقدمة متساوية في كلا الدارتين.

اعتبر أن: $c_v = 0,718\ \ kJ/kg.K$, $c_p = 1,005\ \ kJ/kg.K$

الحل: في دارة ديزل لدينا :

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2) = 1,005(1400 - 778) = 625,11\ \ \frac{kJ}{kg}$$

$$q_2^{d} = c_v(T_4 - T_1) = 0,718(655,5 - 288) = 263,865\ \ \frac{kJ}{kg}$$

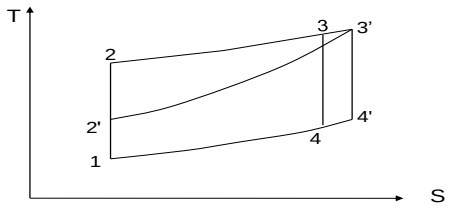
$$\eta_t^{d} = 1 - \frac{q_2^{d}}{q_1} = 1 - \frac{263,865}{625,11} = 0,5779 \rightarrow \eta_t^{d} = 57,79\ \%$$

في دارة أوتو لدينا: $q_1 = c_v(T_{3'} - T_{2'}) \rightarrow T_{3'} - T_{2'} = \frac{q_1}{c_v} \rightarrow T_{2'} = T_{3'} - \frac{q_1}{c_v}$

$$T_{2'} = T_{3'} - \frac{q_1}{c_v} = 1527,5 - \frac{625,11}{0,718} = 656,87 \rightarrow T_{2'} \approx 657\ K$$

بما أن: $v_1 = v_{4'}$, $v_{2'} = v_{3'}$ نجد أن :

$$\frac{T_{4'}}{T_1} = \frac{T_{3'}}{T_{2'}} \rightarrow T_{4'} = T_1\frac{T_{3'}}{T_{2'}} = 288\frac{1527,5}{657} = 669,59 \approx 670\ K$$



$$q_2^{ot} = c_v(T_{4'} - T_1) = 0{,}718(670 - 288) = 274{,}276 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2^{ot}}{q_1} = 1 - \frac{274{,}276}{625{,}11} = 0{,}56124 \ \rightarrow \eta_t^{ot} = 56{,}124\ \%$$

وبالتالي نجد أن: $\eta_t^d > \eta_t^{ot}$

مسألة (14):

أوجد المردود الحراري لدورة ديزل (1-2-3-4-1) وقارنه مع المردود الحراري لدورة أوتو (1-2-3'-4-1):

$T_1 = 300\ K,\ T_2 = 810\ K,\ T_3 = 1435\ K,\ T4 = 670\ K,\ k = 1.4$

الحل:

$$\eta_t^d = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{k(T_3 - T_2)}$$

$$\eta_t^d = 1 - \frac{(670 - 300)}{1.4x(1435 - 810)} = 0.577 \ \rightarrow \eta_t^d = 57{,}7\ \%$$

حساب المردود الحراري لدورة أوتو:

$$\frac{T_{3`}}{T_4} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow T_{3'} = T_4 \frac{T_2}{T_1} = 670 \frac{810}{300} = 1809\ K$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_{3'} - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_{3'} - T_2)}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{(670 - 300)}{(1809 - 810)} = 0.63 \ \rightarrow \eta_t^{ot} = 63\ \%$$

وبالتالي نجد: $\eta_t^{ot} > \eta_t^d$

ملاحظة يمكن حساب مردود أوتو من العلاقة التالية دون الحاجة إلى حساب $T_{3`}$:

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_{3'} - T_2)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_4}{T_{3'}}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{300}{810} = 0.63 \ \rightarrow \eta_t^{ot} = 63\ \%$$

مسألة (15):

محرك يعمل وفق دورة أوتو ضمن شروط العمل التالية:

$t_1 = 100\ c^0$, $T_2 = 762$ K, $T_3 = 1225$ K, $T_4 = 600$ K, $k = 1.4$

$m_ع = 29$ kg/kmol الكتلة الجزيئية للهواء

والمطلوب:

4- العمل الخارجي وكمية الحرارة المتبادلة في كل عملية من عمليات الدورة

5- العمل المفيد للدورة

6- المردود الحراري (الترموديناميكي) للدورة

7- قارن المردود الحراري للدورة أوتو السابقة (1-4-3-2-1) مع المردود الحراري لدورة ديزل (1-2'-3-4-1)

(1 إذا علمت: أن العمل عند ضغط ثابت في دورة ديزل $w_{2\prime-3} = 121.975\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$

(استعن بالرسم لتوضيح المقارنة)

الحل:

1- حساب العمل الخارجي وكمية الحرارة المتبادلة في كل عملية من عمليات الدورة:

$$r = \frac{R}{m_ع} = \frac{8.314}{29} = 0.287\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg.K}}$$

$r = c_p - c_v$ نعوض في العلاقة: $k = \frac{c_p}{c_v} \rightarrow c_p = k.c_v$

$$r = k.c_v - c_v = c_v(k-1)$$

$$c_v = \frac{r}{k-1} = \frac{0{,}287}{1{,}4-1} = 0{,}7175 \approx 0{,}718\ \frac{kJ}{kg.K}$$

العملية (1-2) *عملية* انضغاط أديباتي $q_{1-2} = 0$

$$w_{1-2} = c_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(373 - 762) = -279.302\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$$

العملية (2-3) عملية تقديم حرارة تحت حجم ثابت $w_{2-3} = 0$

$$q_1 = q_{2-3} = c_v(T_3 - T_2) = 0{,}718(1225 - 762) = 332.434\ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (3-4) *عملية* تمدد أديباتي $q_{3-4} = 0$

$$w_{3-4} = c_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1225 - 600) = 448.75\ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (4-1) *عملية* نبذ الحرارة تحت حجم ثابت $w_{4-1} = 0$

$$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718\ (600 - 373) = 162.986\ \frac{kJ}{kg}$$

2- حساب العمل المفيد للدورة:

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1}$$

$$w_u == -279.302 + 0 + 448.75 + 0 = 169.448\ \frac{kJ}{kg}$$

3- المردود الحراري (الترموديناميكي):

$$\eta_t^{ot} = \frac{w_u}{q_1} = \frac{169.448}{332.434} = 0.51 \ \rightarrow \ \eta_t^{ot} = 51 \ \%$$

يمكن حساب مردود أوتو من العلاقة التالية:

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_4}{T_3}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{373}{762} = 0.51 \rightarrow \eta_t^{ot} = 51\ \%$$

1- مقارنة المردود الحراري للدورة أوتو (1-2-3-4-1) مع المردود الحراري لدورة ديزل (1-2'-3-4-1):

$$w_{2'-3} = r(T_3 - T_{2'}) \rightarrow = T_3 - \frac{w_{2'-3}}{r}$$

$$T_{2'} = 1225 - \frac{121.975}{0.287} = 800K$$

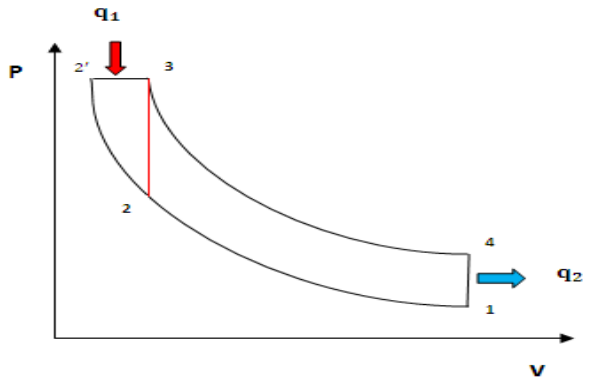
$$\eta_t^d = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_{2'})} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{k(T_3 - T_{2'})}$$

$$\eta_t^d = 1 - \frac{(600 - 373)}{1.4(1225 - 800)} = 0.618 \rightarrow \eta_t^d = 61.8\%$$

وبالتالي نجد: $\eta_t^d > \eta_t^{ot}$

تمثيل المقارنة على مخطط p-v ومخطط T-S:

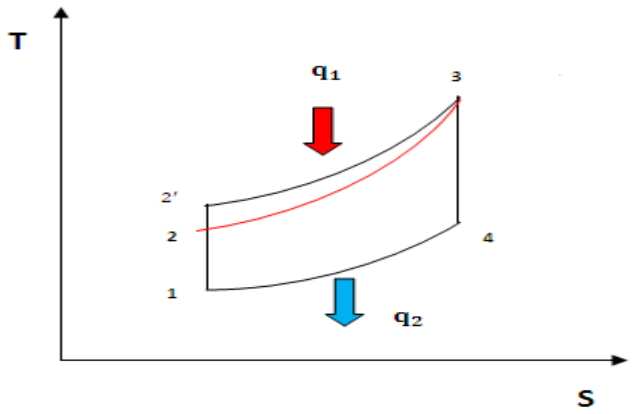
ننشأ أولا دورة أوتو (1-2-3-4-1) ثم نقوم برسم دورة ديزل حيث لدينا النقاط 1-2-3 نقاط مشتركة بين الدورتين. النقطة 2' نحصل عليها من تقاطع الأنتروبي المنشأ من النقطة 1 مع الايزوبار المنشأ من النقطة 3 (الشكل -1- والشكل -2-).



الشكل (1) يبين المقارنة بين دورة أوتو وديزل على مخطط p-v

نلاحظ من الشكلين 1و2 أن دورة ديزل حاضنة لدورة أوتو أو بعبارة أخرى العمل المفيد لدورة ديزل (المساحة 1-2'-3-4-1في مخطط p-v) أكبر من العمل المفيد في دورة أوتو (المساحة 1-2-3-4-1 في مخطط p-v) وبالتالي فإن مردود ديزل أكبر من مردود أوتو:

$$\eta_t^d > \eta_t^{ot}$$



الشكل (2) يبين المقارنة بين دورة أوتو وديزل على مخطط T-S

8-2 الاحتراق في المحركات المكبسية:

إن عملية الاحتراق بشكل عام وخاصة في المحركات المكبسية هي عملية معقدة وتتعلق بعوامل عديدة منها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية .... بالإضافة إلى الشروط التبادل الحراري بين الوقود والوسط المحيط. كما أن درجة الحرارة العظمى للاحتراق تتأثر بعوامل عديدة كنسبة الهواء إلى الوقود وتوقيت الاشتعال وغيرها.

عملية الاحتراق هي عملية أكسدة تحتاج إلى أكسجين الذي نأخذه من الهواء المحيط. لذا لابد من حساب كمية الهواء اللازمة لعملية الاحتراق التام (الكامل)، ولكن ما هو الاحتراق التام؟ إنه الاحتراق الذي لا تنتج عنه غازات قابلة للاحتراق مجددا".

إن غالبية الوقود المستخدم في المحركات المكبسية هو عبارة عن فحوم هيدروجينية لها الصيغة الرئيسية التالية:(C_xH_y) لكتابة معادلة الاحتراق نجد:

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow XCo_2+\frac{y}{2}H_2O$$

$$12X+Y\ 32X+8Y \rightarrow 44X+9Y+$$

1 mo2 $m_{O_2}=\frac{32X+8Y}{12X+Y}\rightarrow$ [kg_{air}/kg_f] (31)

وبما أن النسبة الوزنية للأكسجين في الهواء تساوي (0.232) فإن كمية الهواء اللازم للاحتراق التام لـ (1kg) تحسب من العلاقة:

$$Aa=\frac{32X+8y}{12X+Y}\frac{1}{0.232}[Kg_{air}] \quad (32)$$

لضمان عملية الاحتراق التام كونها تتم بشكل سريع فلا بد من زيادة كمية الهواء المضافة للوقود على الكمية اللازمة. وبالتالي فإن كمية الهواء الفعلية المضافة للوقود تزيد قليلا" عن الكمية اللازمة للاحتراق التام للوقود المحدد بالعلاقة (32)

ومن هنا نحصل على مفهوم عامل زيادة الهواء الذي يمثل النسبة بين كمية الهواء الفعلية المقدمة للوقود إلى كمية الهواء اللازمة للاحتراق التام:

$$\lambda = \frac{A}{A_a} \qquad (33)$$

إذا كان: $\lambda > 1$ وبالتالي $A > A_a$ يكون المزيج فقير بالوقود

$\lambda < 1$ وبالتالي $A < A_a$ يكون المزيج غني بالوقود

تتراوح قيمة عامل زيادة الهواء في محركات الديزل ضمن المجال [2- 1.4] أما في محركات البنزين [1,667 – 0.715] ويفضل أن تكون ($\lambda = 1.1$) ولكن لماذا هذا التفاوت؟

في محركات الديزل يتم حقن الوقود في نهاية عملية انضغاط الهواء والزمن اللازم لعملية تمازج جزيئات الوقود مع جزيئات الهواء قصير جدا" مما يتطلب وجود كمية أكبر من الهواء لضمان احتراق كل جزيئات الوقود احتراقا" تاما". أما في محركات البنزين تتم عملية مزج الهواء والوقود مسبقا" ضمن جهاز المفحم وثم يضاف المزيج إلى المحرك قبل عملية الانضغاط فهناك وقت كاف لتلاقي جزيئات الوقود مع ما يلزمها من جزيئات الهواء لتحقيق الاحتراق التام.

9-2 القيمة الحرارية للوقود [kJ / kg_f] Hv:

القيمة الحرارية للوقود تمثل كمية الحرارة الناتجة عن احتراق كيلوغرام واحد من الوقود احتراقا" تاما". وتعطى هذه القيمة ضمن جداول خاصة مثل الجدول التالي:

نوع المادة	**الكتلة الجزيئية** [kg/kmol]	**القيمة الحرارية** Hv [k J /kg]
الهيدروجين H	1,008	120000
الكربون C	12,011	33000
الميتان $C H_4$	16,043	54800
البنزين $C_6 H_6$	78,114	40000
الغول الميتيلي $C H_3 0H$	32,043	27000
الديزل		42000

كما يمكن حساب القيمة الحرارية للوقود من خلال حساب النسبة المئوية للقيمة الحرارية للكربون والنسبة المئوية للقيمة الحرارة للهيدروجين حسب الصيغة الكيميائية للوقود.

$$H_v = H_{vC}\left(\frac{12\,X}{12\,X+Y}\right) + H_{vH}\left(\frac{Y}{12X+Y}\right) \qquad (34)$$

مسألة (16):

وقود البنزين صيغته الكيميائية $C_6 H_6$ المطلوب حساب:

1- كمية الأوكسجين اللازمة لاحتراقه احتراقا" تاما"،

2- كمية الهواء اللازمة و

3- كمية الهواء اللازم تأمينها إذا كان عامل زيادة الهواء يساوي $\lambda = 1,1$

4- القيمة الحرارية،

الحل: كمية الأوكسجين اللازمة لعملية الاحتراق التام تعطى بالعلاقة :

$$m_{O_2} = \frac{32\left(x+\frac{y}{4}\right)}{12X+Y} = \frac{32\left(6+\frac{6}{4}\right)}{12\times6+6} = 3,077 \ \ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$$

كمية الهواء اللازمة لتأمين كمية الأوكسجين تساوي:

$$A_a = \frac{m_{O_2}}{0,232} = \frac{3,077}{0,232} = 13,263 \ \frac{kg_a}{kg_f}$$

كمية الهواء الفعلية اللازم تأمينها تساوي:

$$\lambda = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{A_a}} \rightarrow \mathrm{A} = \lambda \,.\, \mathrm{A_a} = 1,1 \times 13,263 = 14,5893 \ \frac{\mathrm{kg_a}}{\mathrm{kg_f}}$$

القيمة الحرارية للوقود تحسب كما يلي:

الكتلة الجزيئية للكربون الداخل في البنزين تساوي (72 = 6 x 12)

الكتلة الجزيئية للهيدروجين الداخل في البنزين تساوي (6 = 2 x 3)

الكتلة الجزيئية للبنزين تساوي (78)

$$H_v = 33000\left(\frac{72}{78}\right) + 120000\left(\frac{6}{78}\right) = 39692,31 \ \frac{k\,J}{kg_f}$$

مسألة (17):

أعد الحسابات للمسألة السابقة لوقود صيغته $C_7\,H_{13}$ وعامل زيادة الهواء يساوي λ=1,4

الحل: كمية الأوكسجين اللازمة لعملة الاحتراق التام:

$$\mathrm{m_{O_2}} = \frac{32\left(X+\frac{Y}{4}\right)}{12X+Y} = \frac{32\left(7+\frac{13}{4}\right)}{12\times7+13} = 3,382 \ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$$

كمية الهواء اللازمة لتأمين كمية الأوكسجين تساوي:

$$\mathrm{A_a} = \frac{m_{O_2}}{0,232} = \frac{3,382}{0,232} = 14,578 \ \frac{kg_a}{kg_f}$$

كمية الهواء الفعلية اللازم تأمينها تساوي:

$$A = \lambda \,.\, A_a = 1,4 \times 14,578 = 20,409 \ \frac{kg_a}{kg_f}$$

الكتلة الجزيئية للكربون الداخل في الوقود تساوي (84 = 7×12)

الكتلة الجزيئية للهيدروجين الداخل في الوفود تساوي (13 = 1× 13)

الكتلة الجزيئية للوقود تساوي (97)

$$H_{\mathrm{v}} = 33000\left(\frac{84}{97}\right) + 120000\left(\frac{13}{97}\right) = 44659و794 \ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg_f}}$$

الفصل الثالث

استطاعة المحرك ومراديده

1-3 العمل التخطيطي والاستطاعة التخطيطية:

العمل التخطيطي (الدليلي) WI:وهو العمل الممثل بالمساحة المحصورة ضمن الدارة المرسومة على مخطط (P-V) وبالتالي هو يمثل العمل المفيد النظري للدارة وبناء على هذا التعريف يمكن أن ندخل مفهوم جديد للضغط.

الضغط الوسطي التخطيطي (الدليلي)p_{mi} : وهو ضغط ثابت وهمي إذا أثر على المكبس ضمن الأسطوانة خلال الدارة أنجز عملا" مساويا" للعمل التخطيطي حسب العلاقة

$$W_i = P_{mi}.V_s \qquad (35)$$

حيث v_s : حجم الشوط العامل (m^3) ويمثل حجم الأسطوانة المحصور بين (ن.م.س) و (ن.م.ع) ويساوي

$$V_s = V_1 - V_2 \qquad (36)$$

فإذا كان المحرك يحتوي على n اسطوانة فإن العمل التخطيطي الإجمالي للمحرك يعطى بالعلاقة:

$$W_i = P_{mi}.V_s.n \qquad (37)$$

تختلف قيمة الضغط الوسطي الدليلي (p_{mi}) باختلاف الدارة وعدد الأشواط:

محرك بنزين رباعي الشوط: pm_i = (9-11) bar

محرك بنزين ثنائي الشوط: p_{mi} = (2.5-4.5) bar

محرك ديزل رباعي الشوط: p_{mi} = (7-10) bar

محرك ديزل ثنائي الشوط: p_{mi} = (4-7) bar

الاستطاعة التخطيطية الدليلية: $P_i[W]$ **:** وهي الاستطاعة الجاهزة على رأس المكبس وتساوي جداء العمل الدليلي بعدد الدارات التي ينجزها المحرك خلال ثانية واحدة .

في المحركات رباعية الشوط تعطى بالعلاقة:

$$P_i = W_i.\frac{N}{2\times 60} = P_{mi}.v_s.\frac{N}{2\times 60} \qquad (38)$$

N : عدد دورات الجذع المعقوف في الدقيقة

وفي حال وجود n اسطوانة:

$$P_i = n.W_i.\frac{N}{2\times 60} = n.P_{mi}.v_s.\frac{N}{2\times 60} \qquad (39)$$

إن الجداء 2×60 موجود كون المحرك الرباعي الأشواط يدور مرتين لإنجاز دارة واحدة بينما المحرك ثنائي الشوط فإنه ينجز دارة كل دورة وتصبح العلاقة بالنسبة للمحركات ثنائية الشوط:

$$P_i = n.W_i.\frac{N}{60} = n.P_{mi}.v_s.\frac{N}{60} \quad (40)$$

2-3 العمل الفعلي والاستطاعة الفعلية:

العمل الفعلي (W_e):

عمليا" يضيع جزء من العمل الدليلي نتيجة احتكاك المكبس بجدران الأسطوانة كذلك الاحتكاك بالمضاجع كما أم جزءا" من العمل الدليلي يصرف من أجل تشغيل الأجهزة الملحقة بالمحرك (مروحة-مولد...) وبالتالي فإن العمل الفعلي الذي نحصل عليه من المحرك يعطى بالعلاقة:

$$W_e = W_i - W_f \quad (41)$$

حيث: W_f العمل الضائع والعمل المصروف لتشغيل الأجهزة الملحقة.

الضغط الوسطي الفعلي (P_{me}): وهو الضغط الثابت الوهمي الذي إذا أثر على المكبس داخل الأسطوانة خلال الدارة أنتج عملا" مساويا" للعمل الفعلي (W_e):

$$p_{me} = \frac{W_e}{v_s}\left[\frac{N}{m^2}\right] \quad (42)$$

محرك بنزيني رباعي الشوط: $\boldsymbol{p_{me} = (7-9)\ bar}$

محرك ديزل رباعي الشوط: $p_{me} = (5{,}3 - 7{,}5)\ bar$

الاستطاعة الفعلية (P_e):

وهي الاستطاعة الجاهزة على محور المحرك بعد تقديم الاستطاعة اللازمة للتغلب على الضياعات واللازمة لتشغيل الأجهزة الملحقة بالمحرك P_f

$$P_e = P_i - P_f \quad (43)$$

$$P_e = n.P_{ne}.v_s\,\frac{N}{2.60} \quad (44)$$

$$P_e = n.P_{ne}.v_s\,\frac{N}{60} \quad (45)$$

3-3 مراديد المحركات المكبسية:

في محركات الاحتراق الداخلي المكبسية تستخدم مفاهيم متعددة للمردود:

المردود التخطيطي (الدليلي) η_i : ويعبر عن النسبة بين العمل التخطيطي (W_i) والعمل المكافئ لكمية الحرارة المضافة ($W = Q_1$) أي بمعنى أخر يمثل المردود الترموديناميكي للدارة:

$$\eta_i = \frac{W_i}{W} \quad = W_i / Q_1 = 1 - (q_1 / q_2) \qquad (46)$$

كما يمكن التعبير عنه بالنسبة بين الحرارة المتحولة إلى استطاعة دليلية (P_i) وبين الحرارة المقدمة من واحدة الكتل:

$$\eta_i = \frac{P_i}{Q_f} \qquad (47)$$

حيث Q_f : الاستطاعة الحرارية المقدمة من الوقود وتعطى بالعلاقة :

$$Q_f = m_f . H_v \qquad (48)$$

m_f : استهلاك الوقود (kg/s) أي كتلة الوقود المستهلكة في المحرك خلال واحدة الزمن

H_v : القيمة الحرارية للوقود (kJ/kg) أي كمية الحرارة الناتجة عن حرق (1kg) من الوقود احتراقا" تاما"

المردود الميكانيكي (η_m):

وهو النسبة بين العمل الفعلي والعمل التخطيطي:

$$\eta_m = \frac{W_e}{W_i} = \frac{W_i - W_f}{W_i} = 1 - \frac{W_f}{W_i} \qquad (49)$$

أو هو عبارة عن النسبة بين الاستطاعة الفعلية إلى الاستطاعة الدليلية:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \qquad (50)$$

تتراوح قيمة المردود الميكانيكي لمحركات البنزين بين %(*70-90*) ولمحركات الديزل بين %(*80-85*)

المردود الفعلي (η_e):

ويمثل النسبة بين العمل الفعلي والعمل المكافئ لكمية الحرارة المقدمة:

$$\eta_e = \frac{W_e}{W} = \frac{W_e}{W_i}\frac{W_i}{W} = \qquad \eta_m \times \eta_i \qquad (51)$$

$$\Rightarrow \eta_e = \frac{P_e}{Q_f} \qquad (52)$$

وتتراوح قيمته بالنسبة لمحركات البنزين بين % (22-29) ولمحركات الديزل: %(30-42)

4-3 الاستهلاك النوعي الفعلي للوقود: (S_{ce})

يمثل النسبة بين كمية الوقود المستهلكة خلال ساعة إلى الاستطاعة الفعلية الناتجة عن المحرك:

$$S_{ce} = \frac{m_f}{P_e}\left[\frac{kg}{kw.h}\right] \qquad (53)$$

بالعودة إلى علاقة المردود الفعلي:

$$\eta_e = \frac{P_e}{Q_f} = \frac{P_e}{m_f.H_v} \qquad (54)$$

$$\Rightarrow m_f = \frac{P_e}{H_v.\eta_e} \qquad (55)$$

بالتعويض في العلاقة (32) نجد:

$$S_{ce} = \frac{P_e / H_v.\eta_e}{P_e} \Rightarrow S_{ce} = \frac{1}{H_v.\eta_e}\left|\frac{kg}{kJ}\right| \qquad (56)$$

مسألة :(18)

محرك بنزيني استطاعته الفعلية ($P_e = 10\ kW$) ومردوده الفعلي ($\eta_e = 40\%$) يتم فيه حرق وقود قيمته الحرارية ($H_v = 41.10^3\ \frac{KJ}{Kg}$) وصيغته الكيميائية (C_6H_6) المطلوب حساب :

1-كمية الهواء الفعلية اللازمة لاحتراق الوقود إذا كان عامل زيادة الهواء منه ($\lambda = 1.5$)

2-الاستهلاك النوعي الفعلي للوقود.

3-كمية الوقود المستهلكة خلال ساعة واحدة:

الحل:

1- $A_0 = \frac{32.X + 8y}{12X + y}\frac{1}{0232} = \frac{32.6 + 8.6}{12.6 + 6}\frac{1}{0.232} = 13.26 Kg_{air}$

$A = \lambda A_0 = 1.5.13.26 = 19.89 kg_{air}$

2- $S_{ce} = \frac{1}{H_v.\eta_e} = \frac{1}{41.10^3.0.4} = 6.1.10^{-5}\ \frac{kg}{kJ}$

3- $S_{ce} = \frac{m_f}{P_e} \Rightarrow m_f = P_e.S_{ce} = 6.1.10^{-5}.10 = 6.1.10^{-4}\ \frac{kg}{S}$

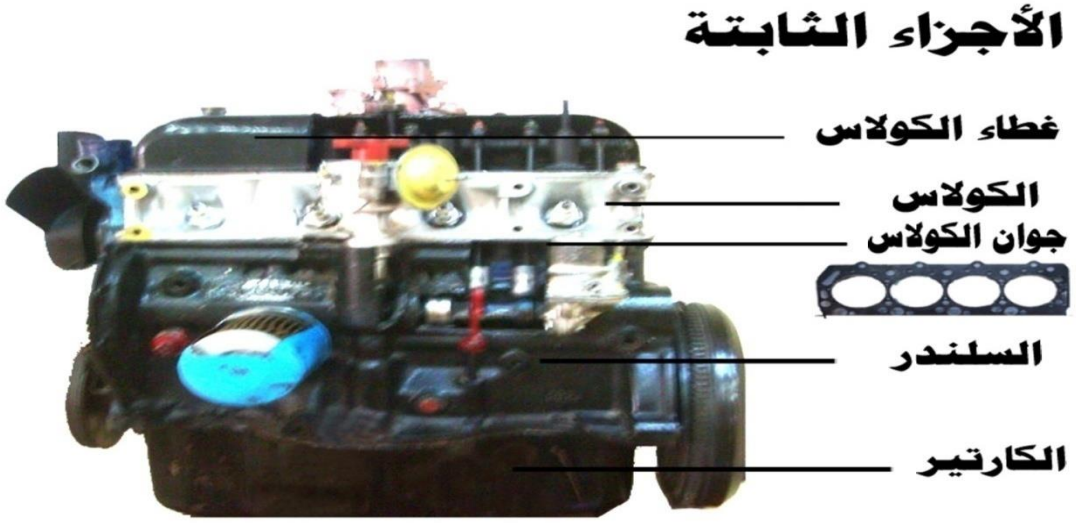
$m_f = 3600.6.1.10^{-4} = 2.2\frac{kg}{h}$

الفصل الرابع

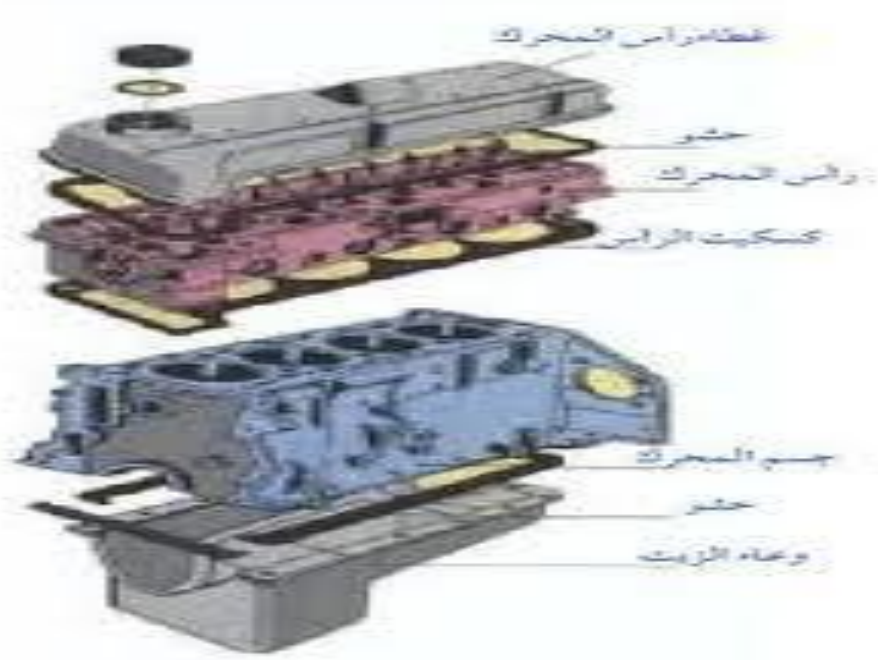
أجزاء المحرك وآلية عملها

تتكون محركات الاحتراق الداخلي المكبسية بشكل عام وبغض النظر عن نوعها وعدد اسطواناتها وحجمها من الأجزاء التالية:

الأجزاء الثابتة: وهي الأجزاء التي لا تتحرك ولكن يمكن أن تسمح لبعض الجزاء المتحركة بالتحرك ضمنها وتضم الجزاء الثابتة العناصر التالية:

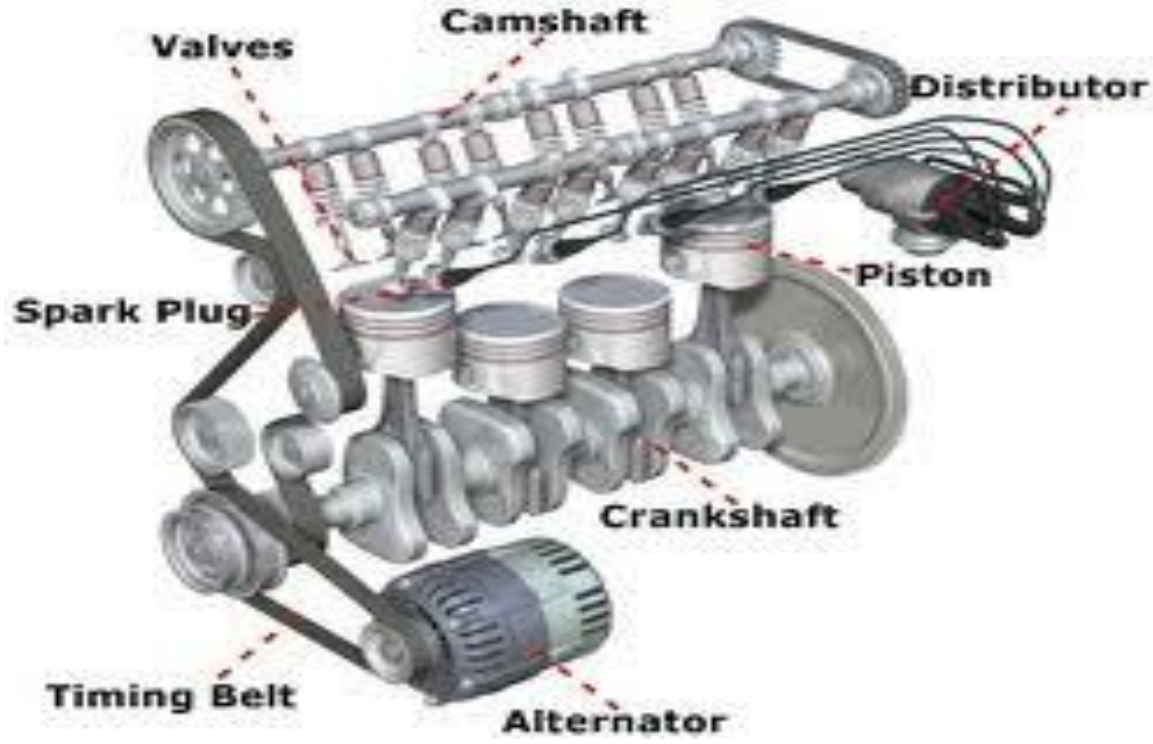


1- كتلة المحرك أو كتلة الاسطوانات (السلندر)
2- رأس الاسطوانات (الكولاس)
3- غطاء رأس الاسطوانات (غطاء الكولاس)
4- حوض الزيت (الكارتير)



الأجزاء المتحركة: وهي الأجزاء التي تتحرك ضمن الأجزاء الثابتة لتنفيذ الدارة الترموديناميكية وإنتاج العمل (توليد الحركة الدورانية للعمود المرفق (الجزع المعقوف) وتضم العناصر المتحركة التالية :

1- المكبس (البستون)
2- ذراع التوصيل (زند البيال)
3- عمود المرفق (الكرنك)
4- الحدافة أو الدولاب المعدل (الفولان)
5- عمود الكامات (الميل اكسنتريك)
6- الصمامات (الصبابات)



الأجهزة المساعدة: وهي الأجهزة اللازمة لتشغيل المحرك واستمرار عمله والتي بدونها لا تستطيع الأجزاء الثابتة والمتحركة أن تنفذ الدارة الترموديناميكية وتستمر بعملها بشكل دوري وهي تضم الأجهزة والدارات والعناصر التالية:

1- دارة الوقود.
2- دارة التبريد
3- دارة التزييت
4- جهاز الإقلاع (المرش)
5- مولد الكهرباء (الدينامو) وبطارية التخزين

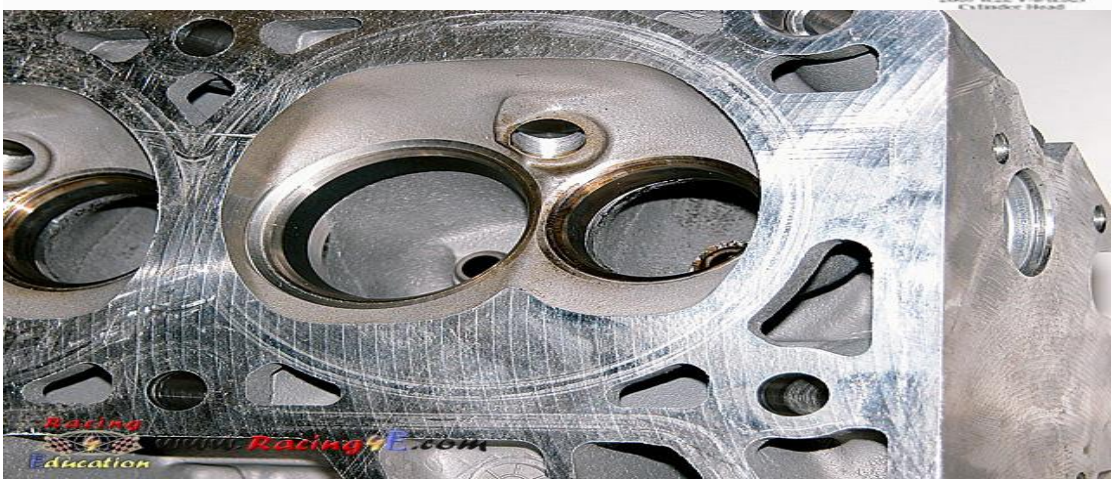
سنتعرف الآن على كل جزء من أجزاء المحرك وآلية عملها وتأثيرها على تنفيذ المحرك لعمله

كتلة المحرك أو الاسطوانات (السلندر):

تتكون كتلة المحرك من مجمع الاسطوانات وعلبة المرفق (كما في الشكل) يتم تثبيت بطانة الاسطوانة (القميص) داخل التجويف المخصص لكل اسطوانة بإحكام ويتم تزيدها بحلقات مرنة تمنع تسرب المياه من حولها إلى الزيت أو إلى داخل الاسطوانة . يكون السطح الداخلي للأسطوانة أو لبطانتها (القميص) مصقولا جدا" (كالمرآة) لتسهيل حركة المكبس مع الحلقات داخلها، وهذا يقلل قدر الإمكان من الاحتكاك بينها وبالتالي يمنع تآكل سطح الاسطوانة أو القميص. وتوجد في الكتلة فتحات لوصلات التحكم في الصمامات، وقنوات لمياه التبريد. تحتوي علبة المرفق على العمود المرفقي (الكرنك) ويمكن أن تضم عمود الكامات في بعض التصميمات وبعض القطع اللازمة لتشغيل المحرك أو لإدارة بعض المعدات، وتوجد فيه ماسورة ملء الزيت وسيخ قياس مستوى الزيت بحيث يمكن الوصول إليهما بسهولة. تكون كتلة المحرك مفتوحة من الأسفل لتسهيل حركة أذرع التوصيل المتصلة بالمكابس.

رأس الاسطوانات (الكولاس):

هو الغطاء العلوي لكتلة الاسطوانات ويضم في هيكله غرف الاحتراق وتجاويف الصمامات والفتحات الخاصة بتركيب ماسكات فوهات الحقن (البخاخات) أو شمعات الاحتراق. يتعرض الكولاس لدرجات الحرارة العالية الناتجة عن عمليات الاحتراق لذا لابد من تبريده بالماء الذي يمر ضمن فتحات خاصة في هيكل الكولاس. توضع بين الكولاس والسلندر مانع تسرب للضغط والغازات (جوان الكولاس) مقاوم للحرارة المرتفعة والضغط العالية ، وذلك لمنع تسرب الغازات بينهما كما أنها تمنع تسرب مياه التبريد إلى غرفة الاحتراق وتمنع التسرب من اسطوانة إلى أخرى .

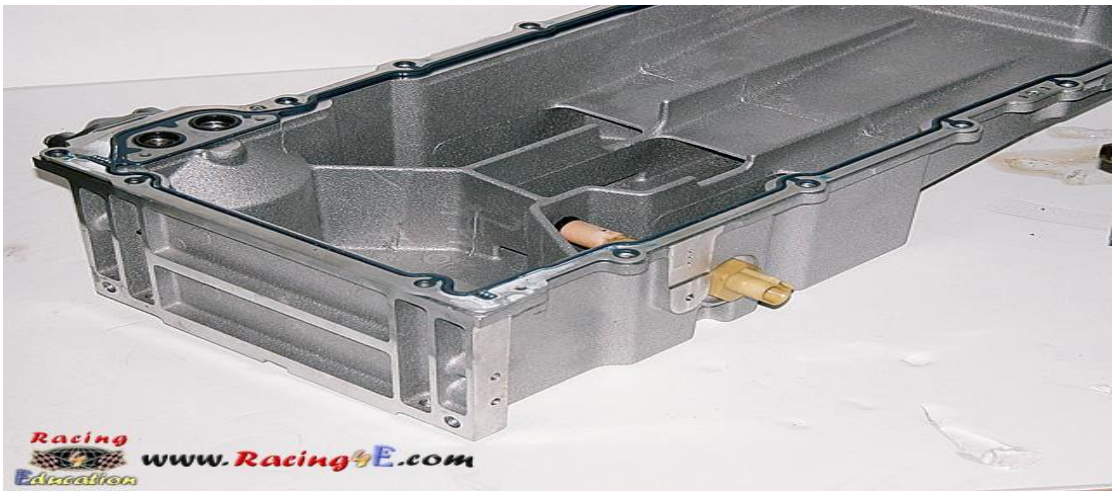


غطاء رأس الاسطوانات (غطاء الكولاس):

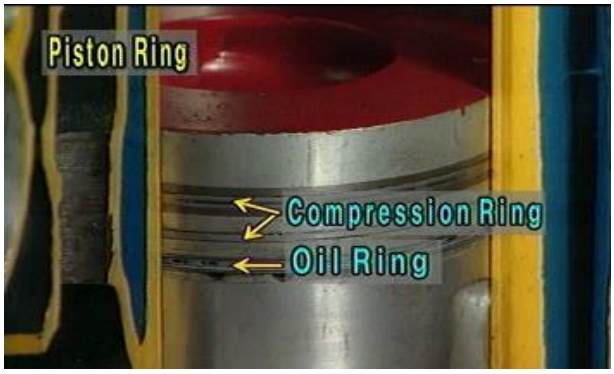
هو مجرد غطاء يحمي الكولاس والأجهزة المتحركة فيه من تأثير الوسط المحيط به.

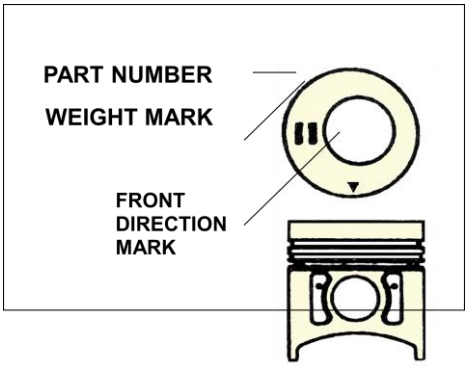
حوض الزيت (الكارتير):

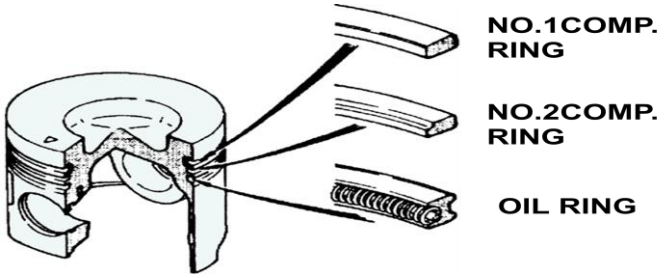
هو يمثل الجزء السفلي لعلبة المرفق ومهمته حفظ الزيت اللازم لتزييت الأجزاء المختلفة في المحرك والعمل على تبريد ذلك الزيت، يمتد إلى داخله سيخ قياس مستوى الزيت داخل الحوض. ونظرا لضرورة تغيير هذا الزيت من حين إلى أخر يزود الحوض بفتحة في أسفل موضع فيه لتصريف الزيت تغلق بسدادة فولاذية لجذب البراد المعدنية المختلطة مع الزيت والناتجة عن احتكاك أجزاء المحرك لدى عملها، وتنظف البرادة من على السدادة أثناء تغيير الزيت كي لا تؤدي إلى أضرار بالمحرك.



المكبس (البستون):





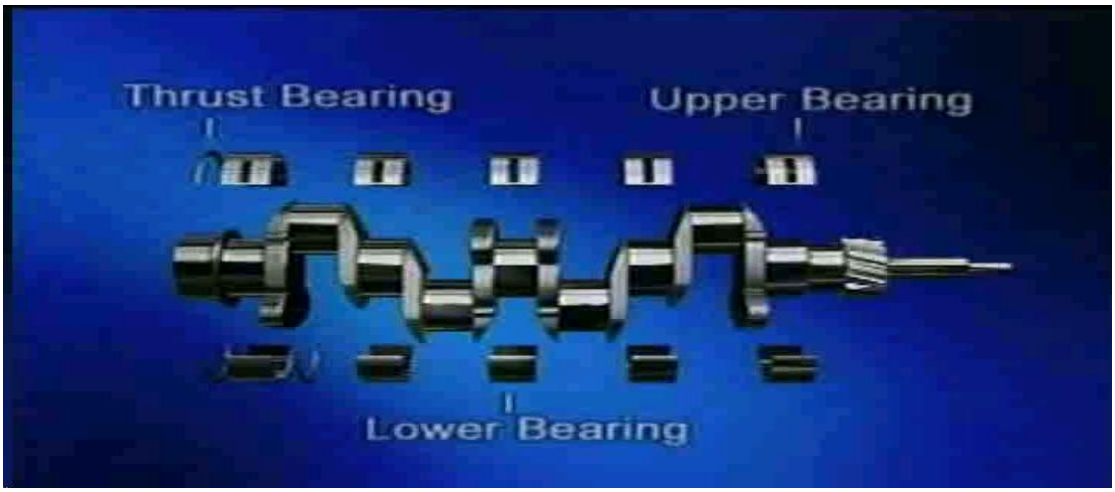


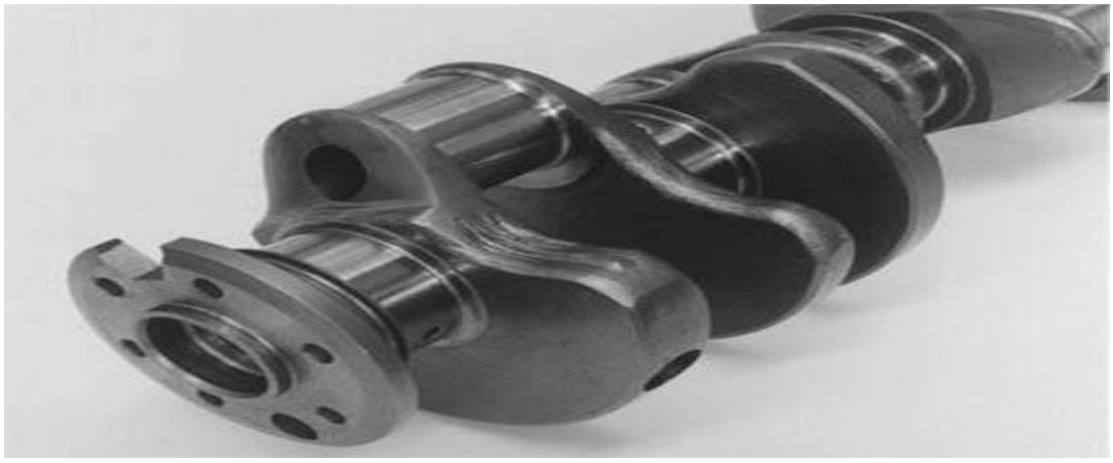
يتوقف شكل مكابس محركات الاحتراق الداخلي على طريق الاحتراق فقد يكون سطحه مستويا" أو مقعرا" أو محدبا" قليلا "وقد يحتوي في بعض محركات الديزل على تجاويف تشكل جزء من غرفة الاحتراق. لمنع تلامس جذع المكبس مع جدار الاسطوانة أثناء العمل (عندما يكون المكبس ساخنا") يترك خلوص بين المكبس والاسطوانة، لذا تجهز جدران المكبس العليا بمجار دائرية توضع فيها حلقات خاصة تعمل العليا منها (حلقات الضغط) على إحكام التسرب من الحيز المركبة فيه، أي أنها تمنع الغازات المتمددة من التسرب إلى علبة المرفق، كما أنها تعمل في الوقت نفسه على نقل حرارة الاحتراق التي يمتصها المكبس، من المكبس إلى جدار الاسطوانة لتبريده. وتعمل حلقة المكبس السفلى (حلقة الزيت) على قشط زيت التزييت الزائد على الحد من جدار الاسطوانة. يثبت في المكبس – داخل قنوات خاصة – أصبع خاص وظيفته وصل المكبس بالنهاية الصغرى لذراع التوصيل وصلا" مفصليا".

ذراع التوصيل (زند البيال):

وظيفته وصل المكبس مع عمود الرفق (الكرنك) ونقل الحركة الخطية الترددية للمكبس إلى عمود المرفق. وفتحة النهاية الصغرى للذراع مهيأة لتركيب محور المكبس، ومزودة بحلقة أو أكثر لمنع المحور من الالتصاق يتم تزييتها بطرطشة الزيت التي تحدث في علبة المرفق. تتكون النهاية الكبرى لذراع التوصيل من نصفين يربطان معا" بواسطة براغي ويضمان بينهما حلقة احتكاك (مقسمة أيضا" إلى قسمين). يمكن أن يحتوي ذراع التوصيل على مجرى داخلي يمتد من النهاية الكبرى حتى النهاية الصغرى وينتهي بمذرر للزيت وذلك لتزييت محور المكبس وجدرانه.

عمود الرفق أو الجذع المعقوف (الكرنك):





يعتبر عمود المرفق أعقد جزء بين الأجزاء المتحركة في المحرك، إضافة لكونه يتحمل أكبر إجهاد ممكن في المحرك، لذا بعد تصنيعه تجرى عليه اختبارات عديدة للتأكد من متانته وقدرته على تحمل الاجتهادات التي سوف تقع عليه أثناء العمل. ويتألف بشكل عام من الأجزاء التالية:

1- مرافق المضاجع المتحركة (مرافق مضاجع النهايات الكبيرة لأذرع التوصيل).
2- مرافق المضاجع الثابتة وهي المضاجع التي يستند بها على علب المرفق.
3- أذرع عمود المرفق وهي الأذرع التي تصل بين المرافق.
4- أثقال الموازنة وهي تعمل على موازنة الحركة الدورانية للمرافق غير المحورية.

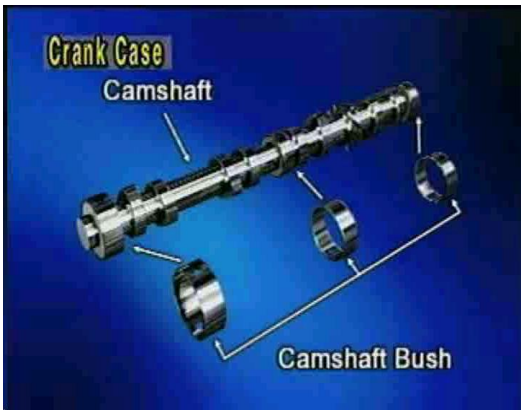
يتساوى عدد مرافق المضاجع المتحركة مع عدد اسطوانات المحرك، أما المضاجع الثابتة فيتوقف عددها على نوع المحرك واستطاعته ونوع مضاجعه. يركب عمود المرفق على حلقات تسمى المحامل الرئيسية مزودة بتجاويف للزيت، الذي يعمل على تكوين طبقة رقيقة من الزيت على جدران المحامل لتخفيف الاحتكاك وتبريدها. يثبت على العمود المرفق من الأمام مسنن خاص يسمى مسنن نقل الحركة، وظيفته نقل الحركة إلى مسنن عمود الكامات وإلى مسننات التوزيع الأخرى.

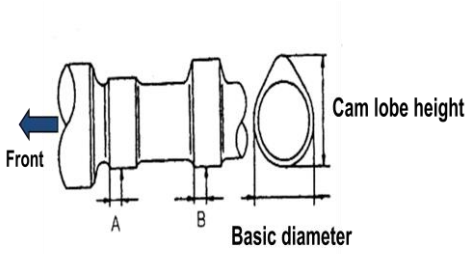
الحدافة أو الدولاب المعدل (الفولان):

تركب الحدافة في نهاية العمود المرفقي القريبة من علبة السرعة. وتعمل الكتلة الدائرة للحدافة على موازنة القوى الناشئة عن الحركة الترددية، ومن ثم فهي تضمن الدوران المنتظم المستمر للمحرك. وبالإضافة إلى ذلك فعندما تدور

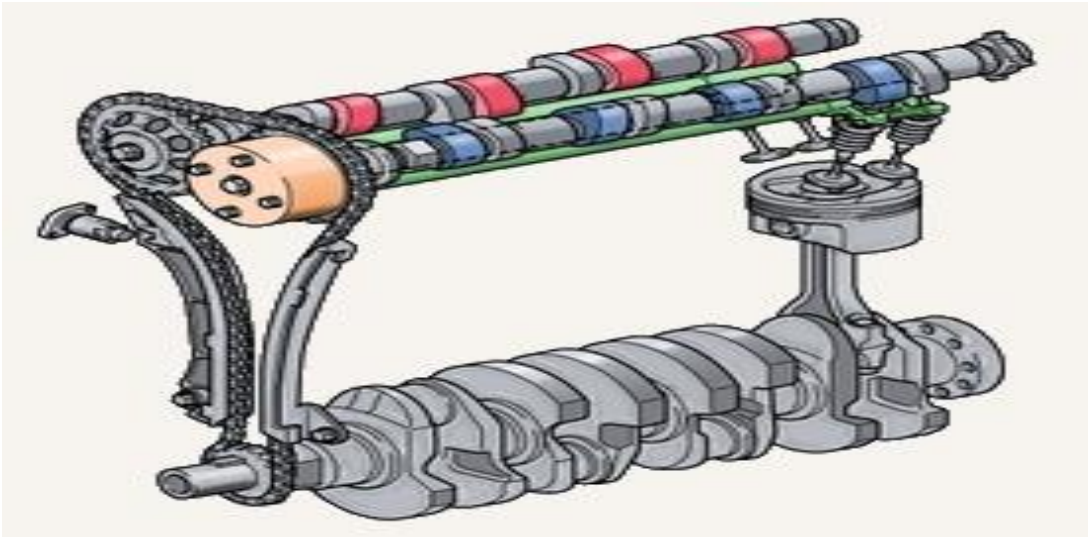
الحدافة فإنها تمكن المكابس من اجتياز النقطتين الميتتين العليا والسفلى. وكلما زاد عدد اسطوانات المحرك أمكن التقليل من كتلة الحدافة. يثبت على المحيط الخارجي للحدافة حلقة مسننة وظيفتها نقل الحركة من المقلع إلى المحرك. تنتقل استطاعة المحرك من سطح الحدافة الخلفي إلى علبة السرعة عن طريق قرص الفاصل الواصل (القابض -الدبرياج) وفق مبدأ الاحتكاك لذلك يصقل السطح الخلفي للحدافة بشكل جيد مما يحسن من كفاءة نقل الاستطاعة ويقلل من الضياعات.

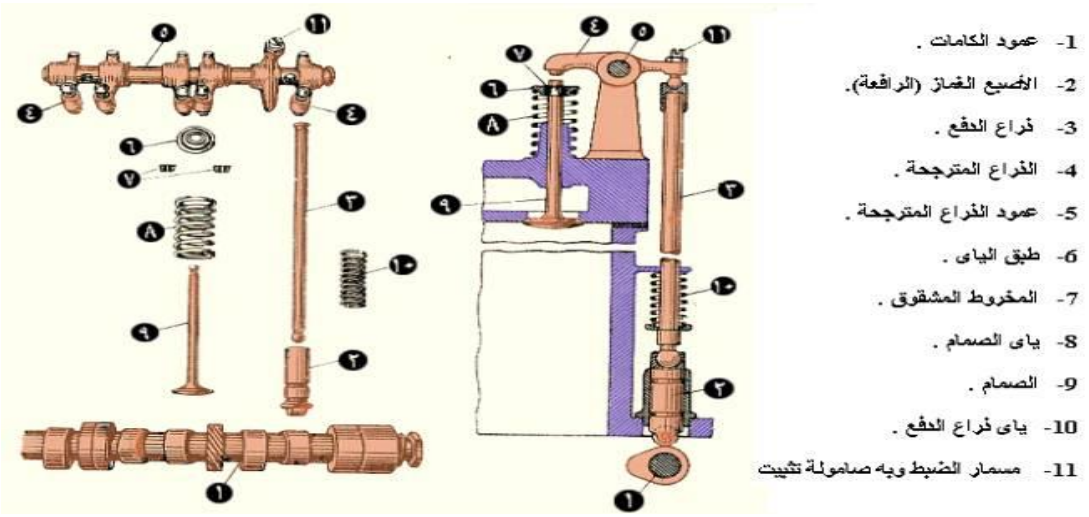
عمود الكامات أو عمود الحدبات (الميل اكسنتريك):





وظيفته تنظيم عمل الصمامات عن طريق الأذرع الدافعة والأذرع المتأرجحة (الرقاصات)، وتحديد الوقت الذي ينبغي فيه السماح للشحنة الجديدة بالدخول إلى الأسطوانة، والوقت الذي ينبغي فيه تصريف غازات الاختراق منها. ويتألف من كامات (حدبات)، عددها مساو إلى عدد الصمامات ومن حلقات دائرية (Camshaft Bush) تكون بمثابة مضاجع ثابتة يستند بها إلى نقاط استناده . ويتوقف ترتيب الكامات على ترتيب الاحتراق في المحرك. يستمد عمود الكامات حركته من عمود المرفق عن طريق مسننات أو سلسلة. في المحركات رباعية الأشواط يدور عمود الكامات دورة واحدة لكل دورتين من عمود المرفق.

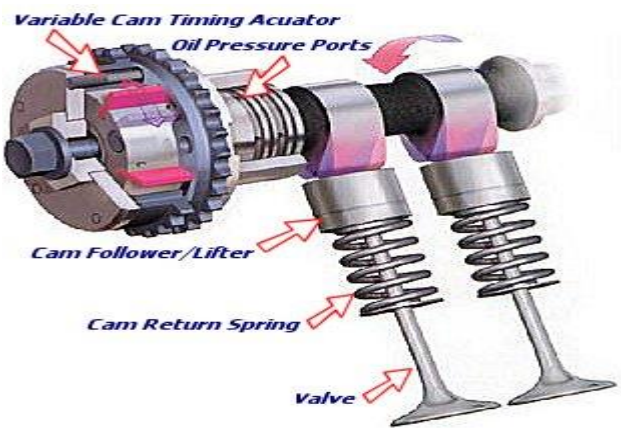


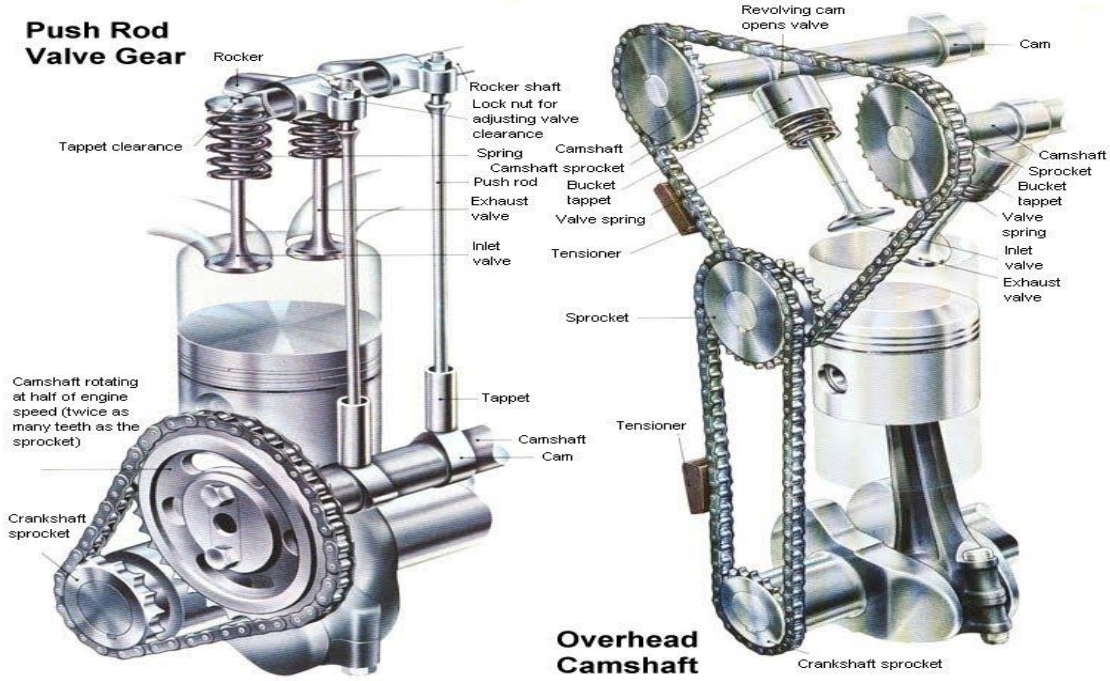


الصمامات (الصبابات):

وظيفتها تسهيل دخول الشحنة الجديدة إلى اسطوانة المحرك وتسهيل طرد غازات العادم منها.

يتألف الصمام عادة من:



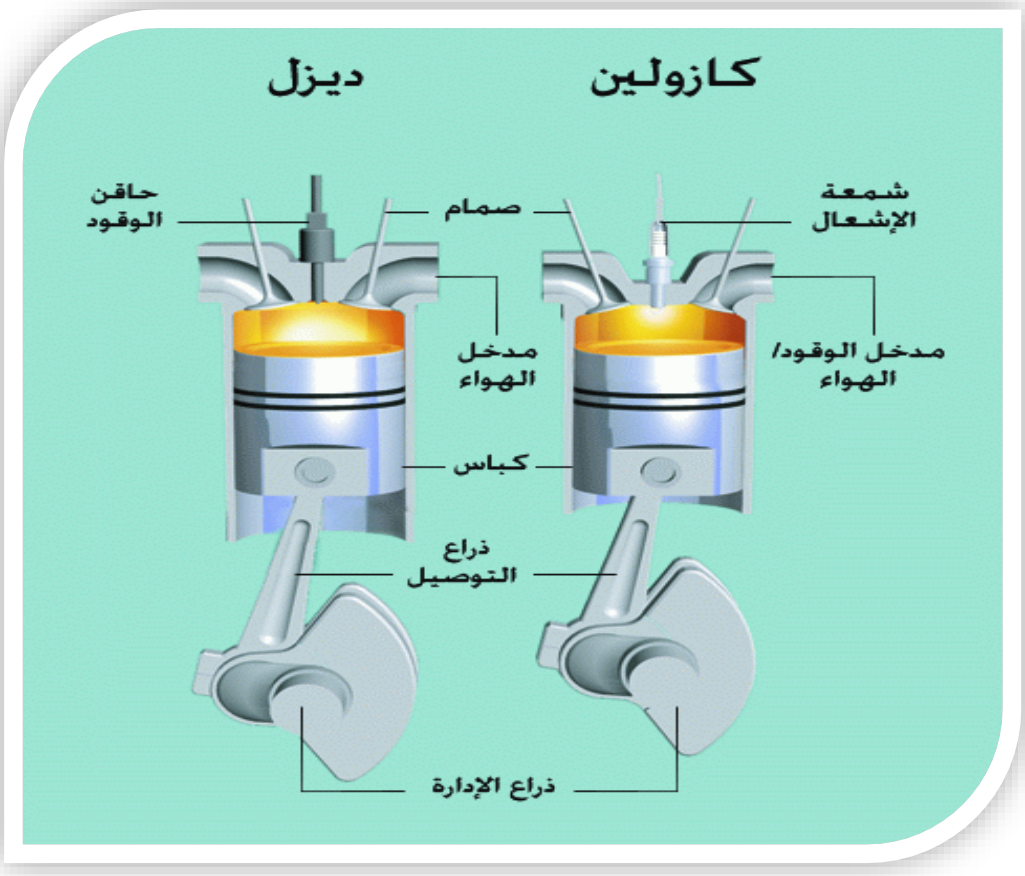


1-صحن الصمام: وهو ذو حافة مخروطية تميل بزاوية (45) درجة، وتشكل هذه الحافة المائلة مقعد الصمام التي يرتكز بواسطتها على قاعدته المخصصة له في غطاء الاسطوانة والتي تميل أيضا" بزاوية تساوي (45) درجة، تعمل هذه الحافة على إغلاق فتحة الصمام، إغلاقا" محكما تمنع خروج الشحنة المضغوطة أو غازات العادم من المحرك

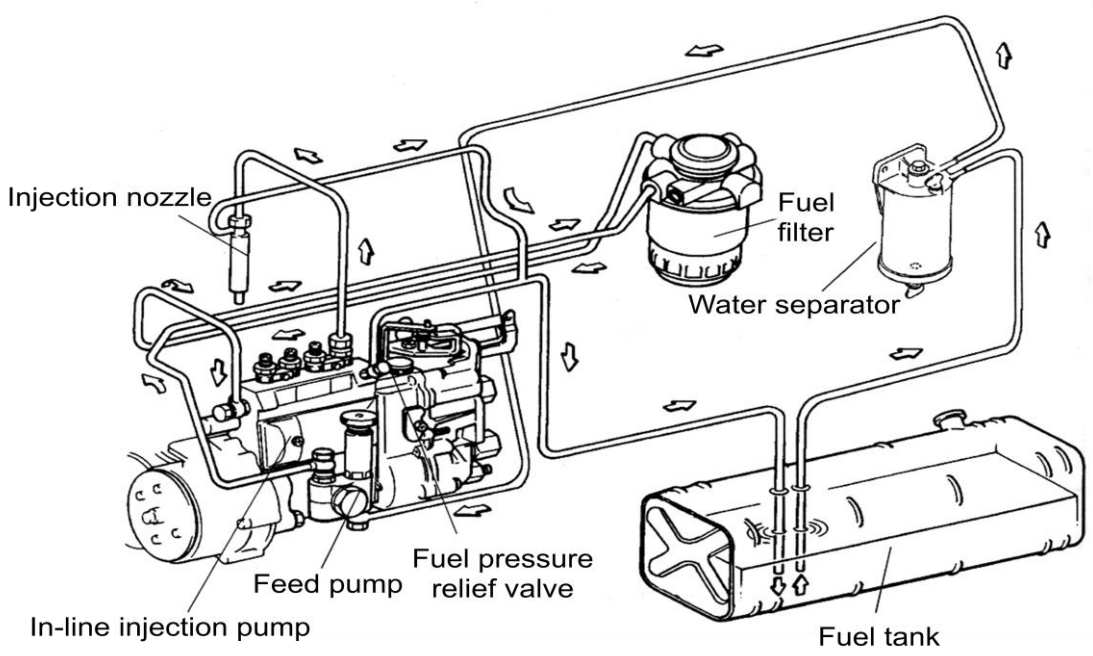
2-ساق الصمام: يتصل مع صحن الصمام ويمر من خلال أنبوبة معينة تدعى دليل الصمام تحدد اتجاه حركته. تجهز النهاية العليا للصمام بفرز دائري يثبت فيه جسم مخروطي (المخروط المشقوق) وظيفته تثبيت الصحن العلوي (طبق الياي) المثبت للنابض (الياي). يشد النابض ساق الصمام بقوة إلى الوراء مما يؤدي إلى إغلاق الصمام باستمرار. يفتح الصمام بتأثير ضغط نهاية الذراع المتأرجحة (الرقاص) -في الصمامات الواقفة أو بتأثير الدافع مباشرة في الصمامات المعلقة – على نهاية ساق الصمام ويغلق بعد زوال تأثيرها.

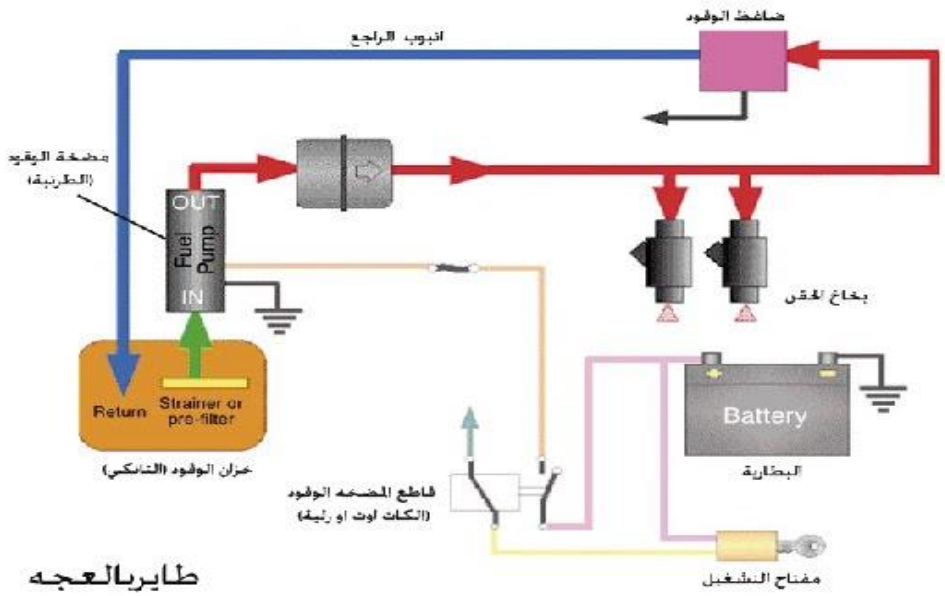
دارة الوقود:

تحتوي دارة الوقود على الوقود اللازم للتشغيل، وهي تعمل على إمداد المفحم (الكابراتور) أو مضخة الحقن بالوقود عن طريق المصفاة (المرشح). تختلف دارة الوقود في المحرك البنزيني عن دارة الوقود في محرك ديزل لذا سندرس كل دارة منها على حدا.



تتكون دارة الوقود في محرك ديزل من الأجزاء التالية:





1- خزان الوقود ويحتوي على الوقود اللازم للتشغيل لقطع مسافة معينة.

2- فاصل المياه وهو عبارة عن جهاز يقوم بإزالة قطرات المياه من الوقود في حال وجودها.

3- مضخة الوقود ومهمتها فقط ضخ الوقود من الخزان إلى مضخة الحقن عبر مصفاة الوقود.

4- مصفاة الوقود وتقم بتخليص الوقود من الشوائب الموجودة فيه.

5- مضخة حقن الوقود التي تقوم بحقن الوقود بضغط عال إلى كل حاقن (بخاخ) في الاسطوانة، وذلك في اللحظة المناسبة وخلال الفترات الزمنية المحددة حسب نظام عمل المحرك وبكميات معينة تتناسب مع الاستطاعة المطلوبة من المحرك.

6- حاقن (بخاخ) الوقود الذي يقوم بتوصيل وبخ الوقود تحت ضغط عال على شكل رذاذ داخل غرفة الاحتراق عبر ثقب في مقدمته.

7- أنابيب (مواسير) نقل الوقود بين الأجزاء المختلفة للدارة.

تتكون دارة الوقود في المحرك البنزيني من الأجزاء التالية:

1- خزان الوقود.

2- فاصل المياه.

3- مضخة الوقود ومهمتها فقط ضخ الوقود من الخزان إلى المفحم عبر مصفاة الوقود.

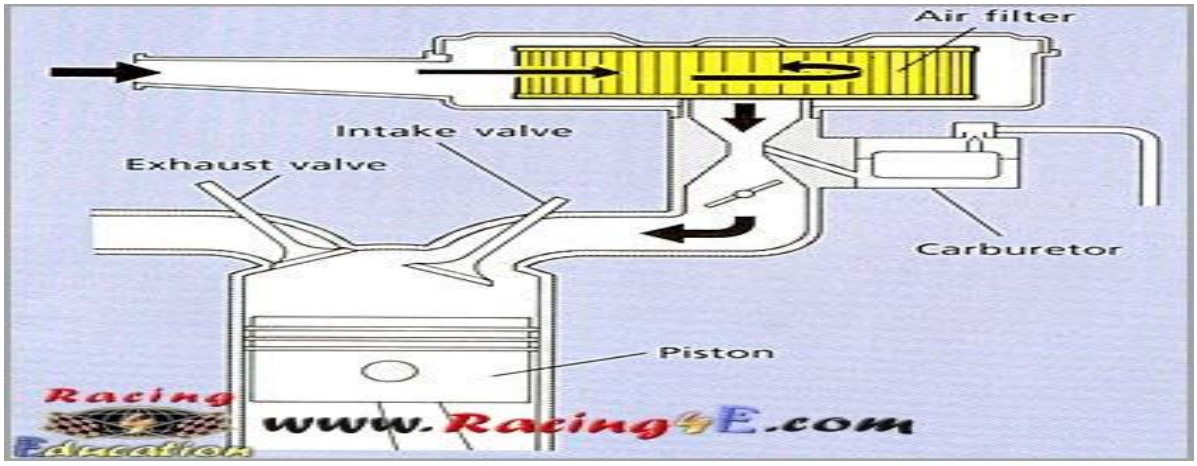
4- مصفاة الوقود.

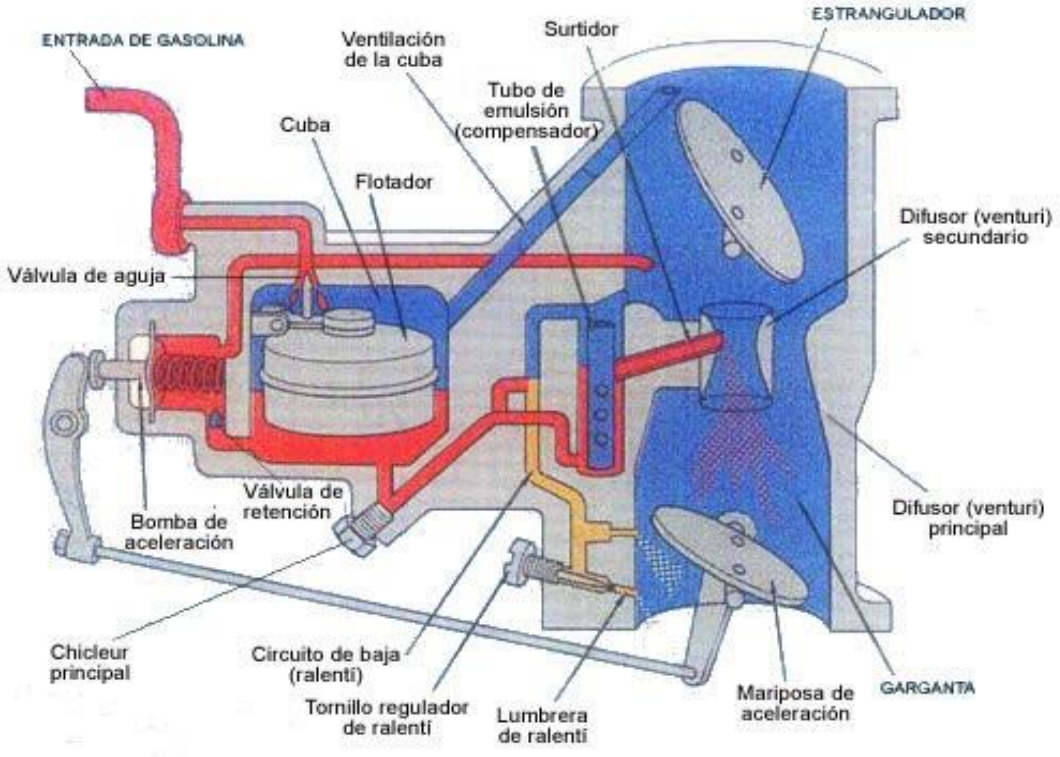
5- أنابيب نقل الوقود.

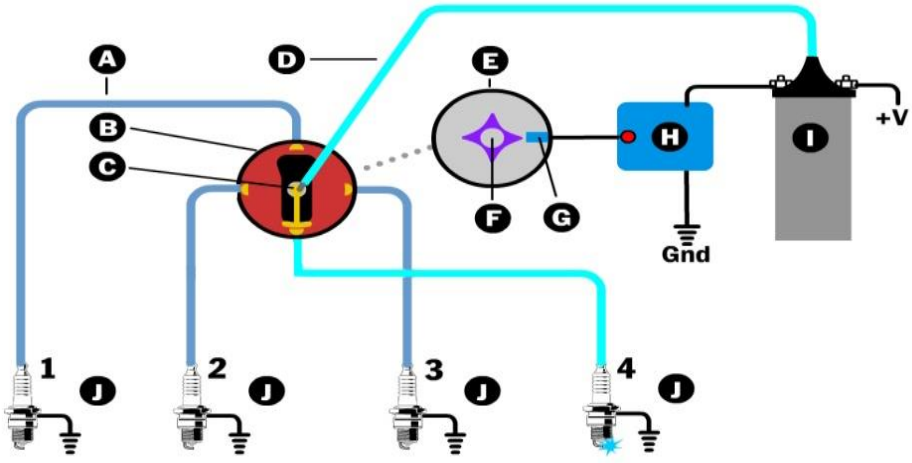
6- مصفاة (مرشح) الهواء تمد المحرك بالهواء النقي اللازم لاحتراق الوقود، كما أنها تحفظ الأسطح الداخلية للمحرك من ضرر الأتربة والمواد التي قد يحملها الهواء معه، والتي يمكن أن تخدش السطح وبالتالي تقصر من عمر المحرك.

7- المفحم (الكابراتور) الذي يقوم بمزج الوقود والهواء بالنسب اللازمة لإنجاز الاحتراق التام للوقود ضمن حجرة الاحتراق في الاسطوانة وفق شروط عمل المحرك. ولكن علمية الاحتراق يلزمها محرض لإشعال الوقود وهذا ما تأمنه دارة الاشتعال الخاصة بالمحرك البنزيني.

8- أجهزة الإشعال وتضم رافع الجهد (البوبين I) ومنظم توقيت الإشعال (الدسبراتور B) وشمعة الاحتراق (البوجية J).







دارة التبريد :

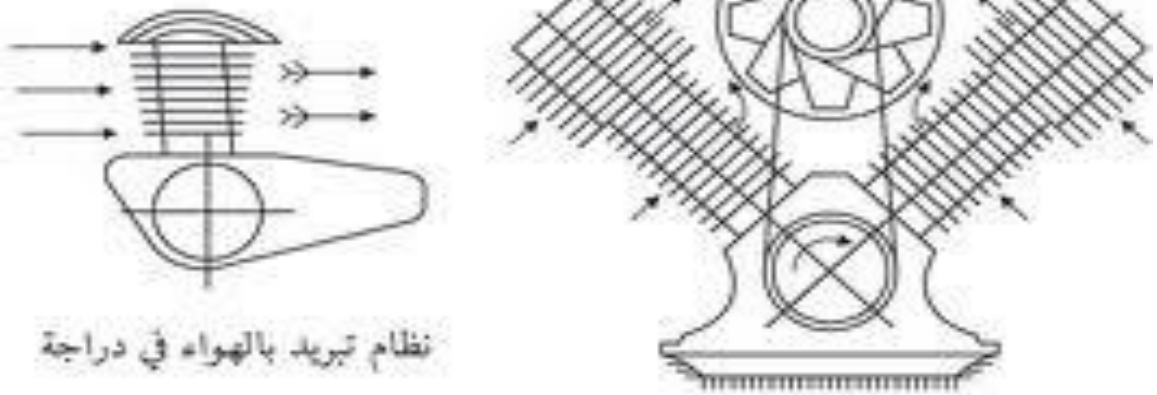
خلال عملية احتراق الوقود تتولد طاقة حرارية تؤدي إلى رفع درجة الحرارة داخل الاسطوانة إلى حدود (1800 – 2000) c° , والتي لا تتحملها كتلة المحرك ومكابسه وأجزائه الأخرى, لذا لا بد من تبريد المحرك بفعالية لتبديد هذه الحرارة العالية مع المحافظة على درجة حرارة تشغيل مناسبة للمحرك, حيث يجب المحافظة على درجة حرارة المحرك ضمن مجال (70 – 90) c° . لأن تبريد المحرك أثناء عمله إلى ما دون (70 c°) يؤدي إلى صعوبة في عملية تبخر الوقود واحتراقه وتخفيض فعالية التزييت إضافة إلى ضياع قسم من الحرارة اللازمة. كما أن ارتفاع درجة حرارة المحرك أكثر من (90 c°) قد يسبب حدوث الاشتعال الذاتي في غير الوقت المفترض، كما يمكن أن يؤدي إلى حدوث تمدد مختلف لأجزاء المحرك، قد بسبب ذلك بالتصاق المكبس بجدار الاسطوانة أو كسر بعض الأجزاء المتحركة.

يمكن تقسيم دارة التبريد حسب الوسيط المستخدم في التبريد إلى نوعين:

1- التبريد بالهواء (تبريد مباشر)،
2- التبريد بالماء (تبريد غير مباشر)،

<u>دارة التبريد بالهواء:</u> يكفل نظام التبريد بالهواء انتقال الحرارة من المحرك الحار إلى الهواء المندفع حوله. وكلما زادت المساحة التي يتلامس معها الهواء المندفع، زادت فعالية نظام التبريد لذلك يتم تزويد كتلة المحرك بأضلع وزعانف لزيادة سطح التبريد.

الشكل (٥) نظام التبريد بالهواء



نظام تبريد بالهواء في دراجة

نظام تبريد بالهواء في سيارة

- الأسهم تشير إلى حركة تيار هواء التبريد

ميزات التبريد بالهواء:

- خفة وزن المحرك،
- بساطة في تصميم أجهزة التبريد وقلة الأجهزة المتحركة وبالتالي سهولة في الصيانة،
- بلوغ درجة الحرارة المناسبة للمحرك خلال فترة قصيرة من بدأ تشغيله،
- عدم وجود مشاكل الصدأ وترسب الأملاح.

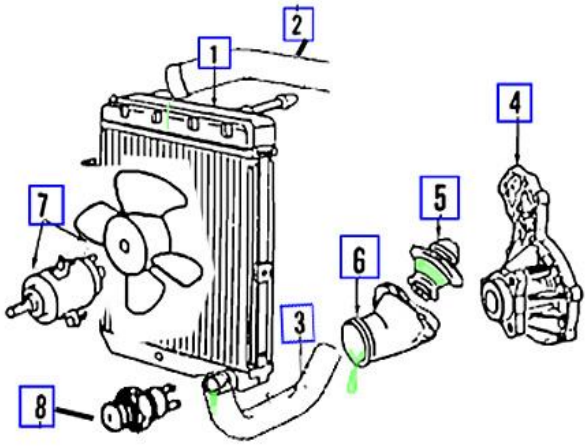
عيوب التبريد بالهواء:

- ضرورة وجود مروحة كبيرة لدفع الهواء، وبالتالية استهلاك قسم لا بأس به من استطاعة المحرك،

- لا توجد وسيلة للتحكم بدرجة حرارة المحرك والتوازن الحراري بين مختلف أجزائه،
- ارتفاع مستوى الضجيج في المحرك.

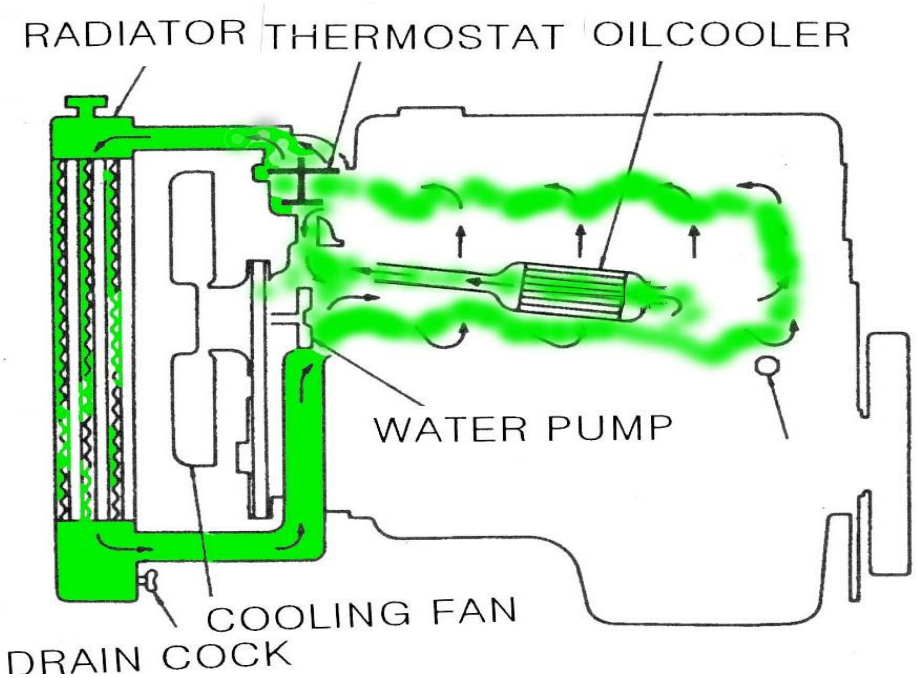
دارة التبريد بالماء: يتحرك الماء في دارة تبريد مغلقة بحيث يحيط باستمرار بأجزاء المحرك المعرضة لدرجات الحرارة العالية، وهكذا تنتقل الحرارة منها إلى الماء. تتكون دارة التبريد بالماء من:

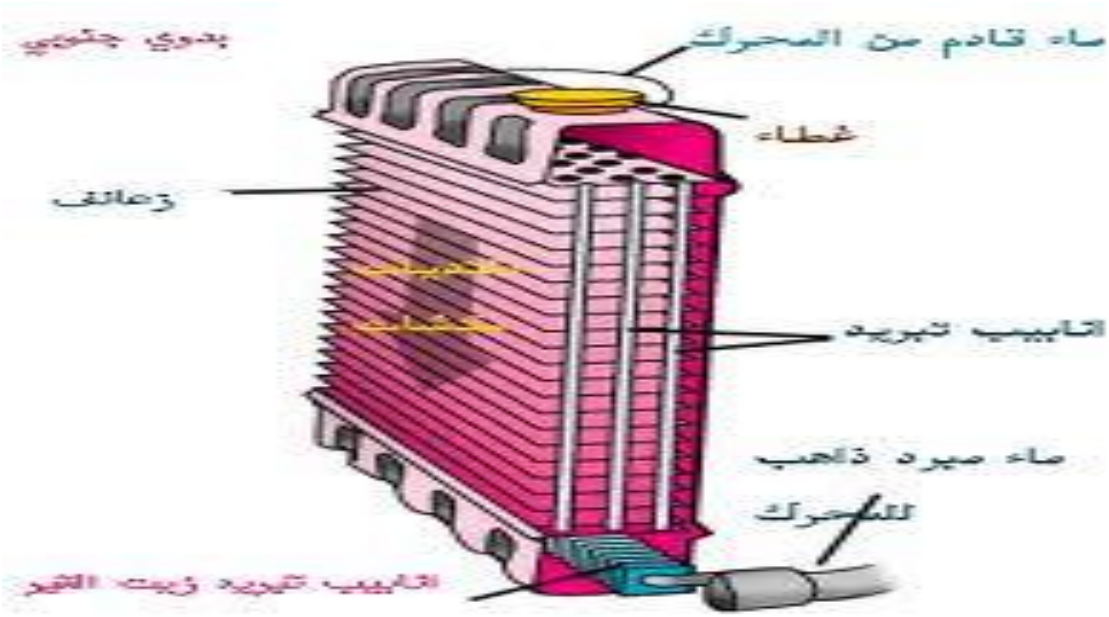
-1
المشع (الراديتور)
-2
أبوب المياه العلوي
-3
أنبوب المياه السفلي
-4
مضخة المياه
-5



الصمام الحراري (الترموستات)
-6 تجويف الصمام الحراري
-7 مروحة التبريد
-8 مفتاح المؤقت الحراري

يعمل المشع كمبادل حراري يستخدم لتبريد الماء الساخن العائد من المحرك. يوضع المشع أمام المحرك في مقدمة الآلية بحيث يمر تيار الهواء الجديد باستمرار متخللا" مواسيره المملوءة بالمياه، حاملا معه الحرارة التي أخذها من المياه مخفضا" بذلك درجة حرارتها لتعود مجددا" إلى كتلة المحرك عبر مضخة دفع المياه، والتي تجعل معدل سريان مياه التبريد كبير، فتقلل بذلك من مساحة المشع وكمية المياه اللازمة. وللمحافظة على درجة حرارة المحرك ضمن الحدود المسموح بها يجب تنظيم حركة مياه التبريد حسب تغيرات الاستطاعة التي يعمل عندها المحرك وظروف الأحوال الجوية. لذلك يستخدم الصمام الحراري في دارة التبريد لتنظيم درجة حرارة مياه التبريد، عندما تكون المياه باردة يغلق الصمام وتدور المياه ضمن الدارة الصغرى بين المضخة والمحرك مباشرة دون المرور على المشع، وبعد ارتفاع درجة حرارة المحرك وبالتالي حرارة المياه يفتح الصمام وتدور المياه ضمن الدارة الكلية للتبريد عبر المشع.





دارة التزييت:

يلعب زيت التزييت دورا" هاما" في عمل المحرك حيث:

1- يقلل من تآكل الأجزاء المتحركة يفعل الاحتكاك،

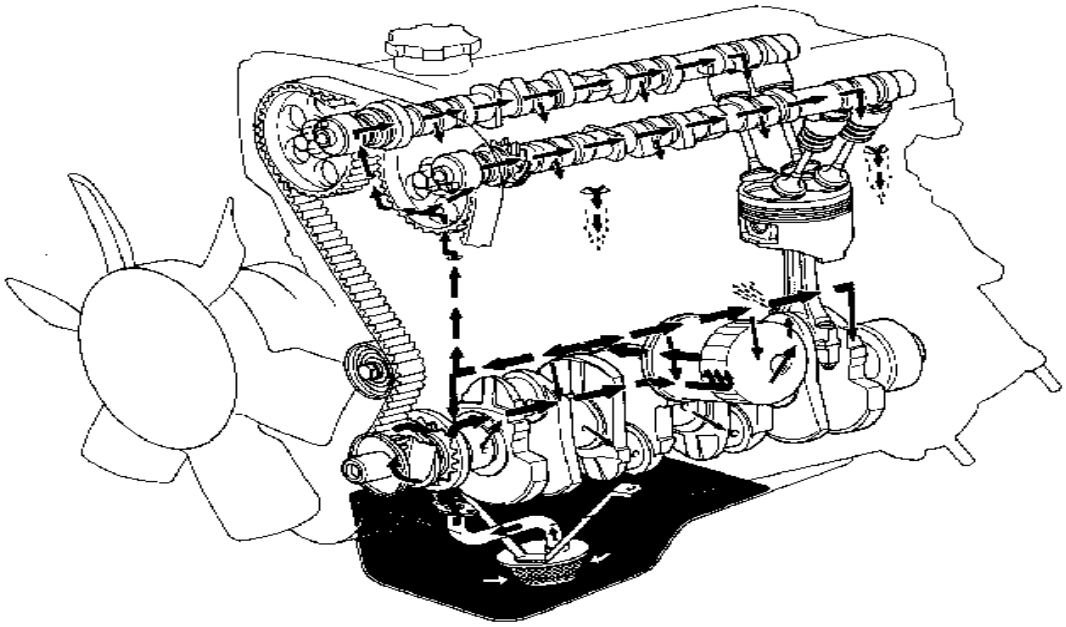
2- يقلل من فقدان الطاقة الضائعة بالاحتكاك،

3- يعمل كوسيط تبريد بسحبه للحرارة الزائدة لبعض أجزاء المحرك،

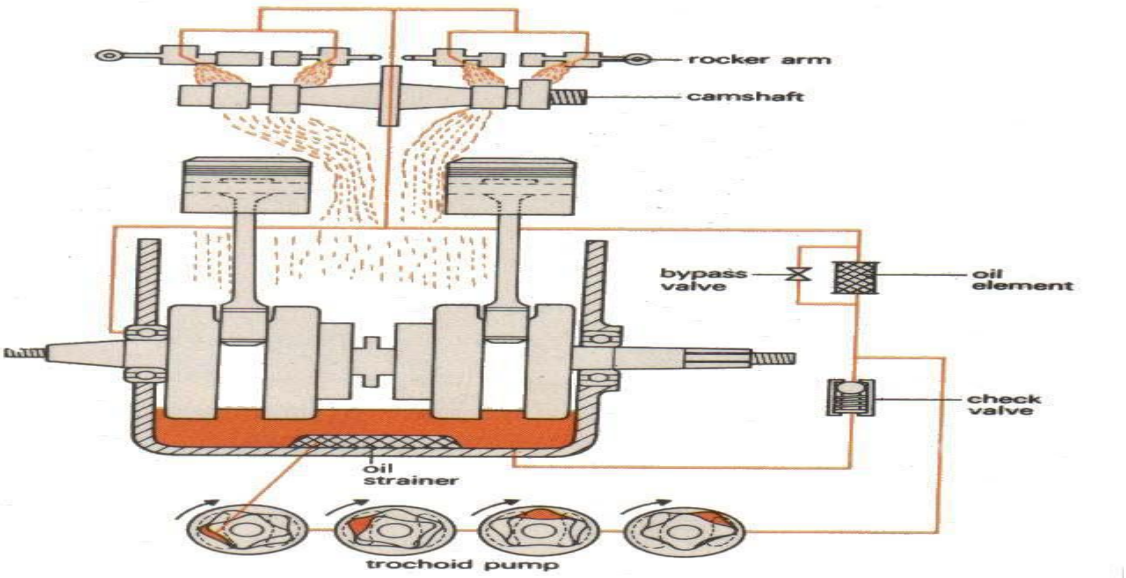
4- يعمل كمانع جيد للتسرب بين حلقات الضغط وجدران الاسطوانة،

5- ينظف أجزاء المحرك من المواد الغريبة والأوساخ الناتجة عن الاحتراق،

6- يمتص الصدمات بين المضاجع والأجزاء المتحركة فيطيل حياتها ويقلل من الضجيج الصادر عنها.



ينبغي وصول الزيت باستمرار ليس فقط إلى جدران الاسطوانة والمكبس بل إلى كل الأجزاء المتحركة. يتم تزييت مضاجع عمود المرفق وعمود الكامات بواسطة مضخة الزيت التي تدفعه عبر مجاري مثقوبة في مرافق عمود المرفق، ويصل الزيت إلى عمود الكامات ومضاجعه والصمامات عبر أنابيب فرعية متصلة بالخط الرئيسي. أما تزييت جدران اسطوانة والمكبس وذراع التوصيل فيتم عن طريق تناثر(طرطشة) الزيت بفعل دوران عمود المرفق.



تتكون دارة التزييت من الأجزاء الرئيسية التالية:

1- مضخة الزيت،
2- مصافي (مرشحات) الزيت،
3- أنابيب توزيع الزيت،
4- مبرد الزيت،

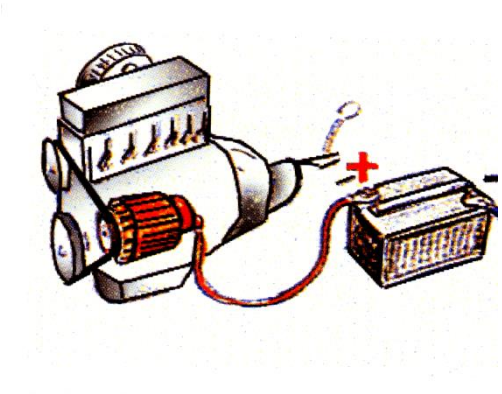
5- مقياس ضغط الزيت.

يملأ الزيت من خلال فتحة جانبية موجودة في صندوق عمود المرفق، ويتم قياس مستوى الزيت بواسطة سيخ قياس مستوى الزيت والمزود بعلامتين تحددان أقصى وأدنى مستوى للزيت ضمن حوض الزيت (الكارتير).

المقلع (المرش):

وهو محرك كهربائي بتيار مستمر يولد عزم دوران كبير، وهذا يتطلب استطاعة عالية تؤمنها بطارية التخزين، التي يجب أن تكون مشحونة شحنا" جيدا". يركب المقلع بالمحرك بحيث يتعشق مسنن بدء الحركة الصغير (المسنن القائد) بمسنن الحدافة، عندما تكون الدارة الكهربائية مغلقة، فيسبب دورانه بالتالي يدير عمود المرفق ويبدأ المحرك بالإقلاع.

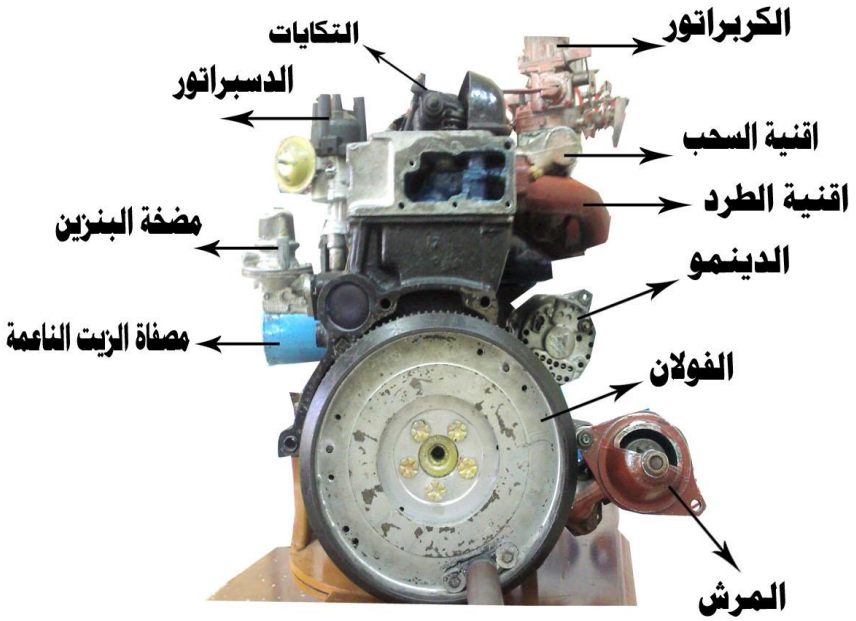
المولد الكهربائي (الدينامو):

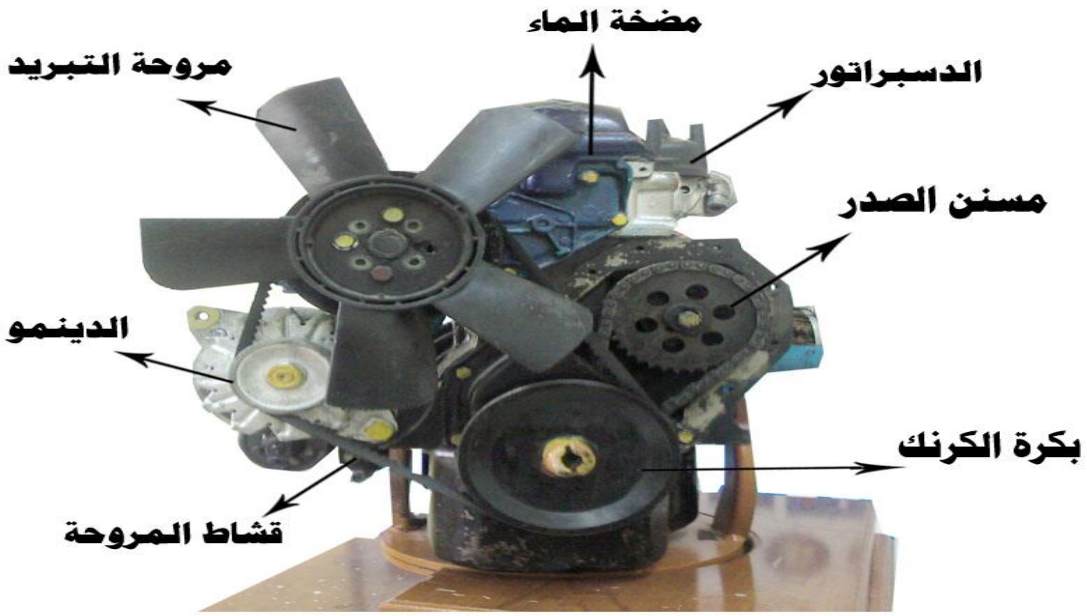


يقوم المولد بشحن بطارية التخزين وتغذية الأجهزة الكهربائية المختلفة عندما يكون المحرك دائرا". ويستمد حركته من عمود المرفق عن طريق مسنن أو سلسلة أو سير ناقل، وهناك بعض المولدات تستمد حركتها مباشرة من العمود المرفقي.

بطارية التخزين:

تقوم البطارية بتخزين الطاقة الكهربائية ضمنها وتقدمها عند الحاجة. إن عملية تغذية المقلع (المرش) عند بدء تشغيل المحرك تمثل أكبر حمل كهربائي يجب أن تقدمه البطارية، وهذا يتطلب أن تكون في كامل استطاعتها التخزينية (مشحونة تماما"). لا يجوز استخدام البطارية لامتداد الأجهزة الكهربائية المختلفة في الآلية في حال عدم دوران المحرك، لأن ذلك يسبب تفريغها ومن ثم عجزها عن تأمين الطاقة الكهربائية اللازمة للمقلع كي يبدأ بتشغيل المحرك.


الكربراتور
التكايات
الدسبراتور
اقنية السحب
اقنية الطرد
مضخة البنزين
الدينمو
مصفاة الزيت الناعمة
الفولان
المرش


مضخة الماء
مروحة التبريد
الدسبراتور
مسنن الصدر
الدينمو
بكرة الكرنك
قشاط المروحة

الفصل الخامس

أجهزة نقل عزم الدوران (الحركة) في الجرار

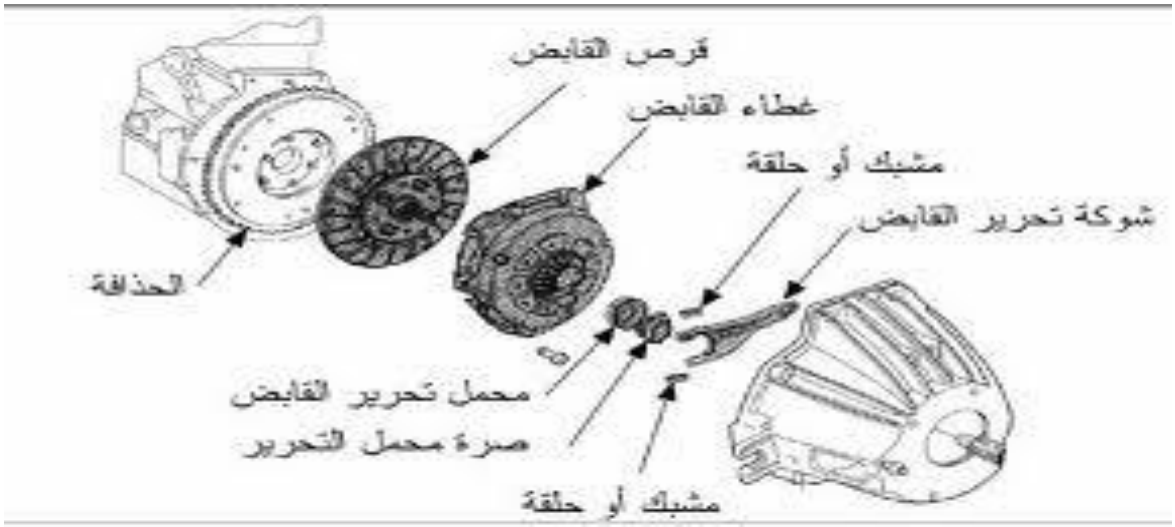
لتسيير الجرار يجب نقل عزم الدوران (الحركة) المتولد في محركه إلى الدواليب الفعالة (الخلفية)، ويجب أن يتم ذلك تدريجيا" وبسلاسة كي نكتسب سرعتها بشكل منتظم، لأن نقل عزم الدوران إليها بشكل فجائي يولد حملا" كبيرا" على المحرك، وهذا قد يؤدي إلى توقفه، وهذا النوع من التوقف يسمى بالتوقف اللاإرادي. أجهزة نقل عزم الدوران (الحركة) من المحرك إلى الدواليب الفعَالة، تسمى أحيانا" مجموعات نقل الحركة، وتتكون بشكل عام من الأجهزة التالية:

1- الفصل الواصل (القابض – الدبرياج)،
2- علبة السرعة (صندوق مسننات تغيير السرعة – الكير)،
3- أجهزة الجسر الخلفي الفعَال.
4- أجهزة التلامس مع الأرض.

الفاصل الواصل:

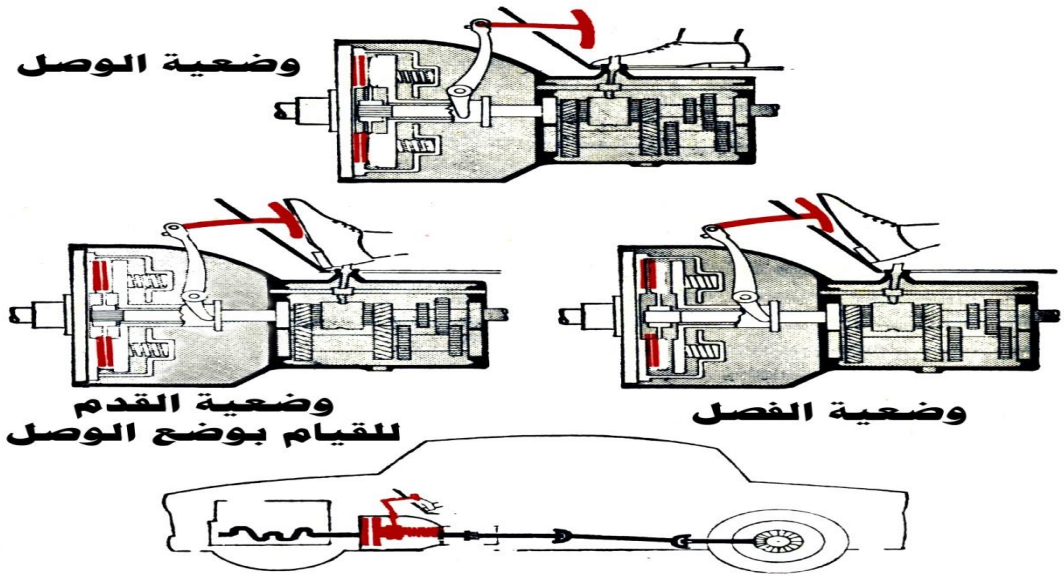
تجهز الآليات التي تستخدم محركات الاحتراق الداخلي بجهاز الفاصل الواصل (الدبرياج)، والذي يتصل مع الحدافة (الفولان) من جهة المحرك، ومع علبة السرعة من جهة أخرى. وأهم وظائفه هي:

1- نقل عزم الدوران من عمود المرفق إلى العمود الدوَار (الفعَال) في علبة السرعة.
2- يساعد على انطلاق الآلية ببطء، ويمنع حدوث ارتجاج أو صدمات أثناء تعشيق مسننات علبة السرعة
3- يمنع بشكل أني وصول عزم دوران المحرك إلى علبة السرعة، وبالتالي يساعد على وقوف الآلية دون الحاجة إلى إيقاف المحرك عن العمل.
4- يدير عمود الإدارة الخلفي أو بكرة (طارة) السير دون إيقاف المحرك.
5- يمثل عامل أمان أثناء نقل عزم دوران المحرك بشكل كبير ومفاجئ إلى المحور الدوار لعلبة السرعة أو بالعكس أثناء تطبيق عزم دوران معاكس على الدواليب الفعَالة للآلية، إذ يجنب القطع المختلفة لأجهزة التوصيل من الانكسار وذلك عن طريق انزلاق قرص الاحتكاك (قرص الدبرياج) الموجود ما بين القرص الضاغط من جهة والحدافة من جهة أخرى، وبالتالي يؤدي إلى إطالة عمر الأجهزة وحسن سير عملها بصورة جيدة.



لكي يتمكن الفاصل الواصل من أداء كل مهامه تلك، يجب أن تتوفر فيه الشروط التالية:

1- أن يكون قادرا" على نقل كامل عزم دوران المحرك إلى المحور الدوَار في علبة السرعة،
2- إمكانية تعشيقه مع الحدافة بصورة تدريجية، وبالتالي نقل عزم دوران المحرك إلى أجهزة التوصيل شيئا "فشيئا"، مما يؤدي إلى زيادة سرعة الآلية ببطء،
3- سرعة الفصل الكامل بين المحرك وعلبة السرعة،
4- أن تكون أجزائه ذات عزم عطالة صغير وكي تساعد في تساوي السرعة الزاوية للمسننات المعشقة، وذلك منعا" لحدوث الارتجاجات والصدمات القوية داخل علبة السرعة،
5- أن تكون القوة اللازمة لفصله ووصله صغيرة ولا تتطلب جهد كبير،
6- سرعة التبادل الحراري للتخلص من الحرارة الناتجة عن احتكاك الأسطح المتلامسة ومما يساعد على إطالة عمره وحسن أداء عمله.

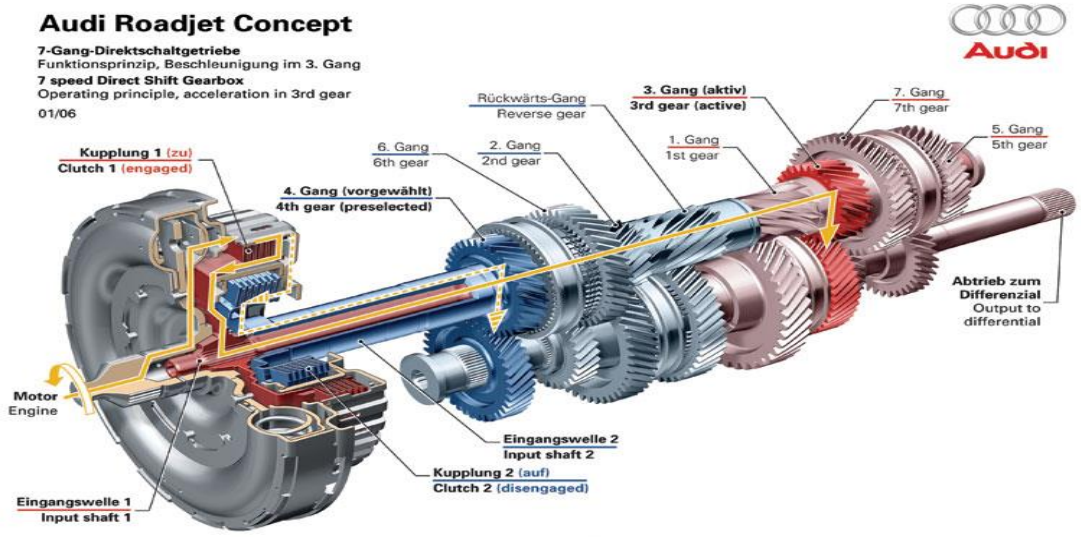


علبة السرعة:

نتيجة لاختلاف ظروف عمل الآليات، يتطلب ذلك إمكانية تغيير سرعة وقوة جر الآلية في مجال واسع وفق الحاجة، خاصة وأن المحرك يدور بدورات ثابتة، وبالتالي ينتج عزم دوران ثابت، يتم نقله إلى الدواليب الفعَالة للآلية. من أجل ذلك تجهز الآلية بجهاز خاص لأداء هذه المهمة يسمى علبة السرعة (علبة المسننات).

يمكن تلخيص أهم وظائف علبة السرعة بما يلي:

1- نقل استطاعة المحرك عن طريق الفاصل الواصل إلى الجسر الفعَال (الأمامي أو الخلفي معا")،
2- تغيير قيمة قوة الشد (الجر) على الدواليب الفعَالة للآلية،
3- تغيير سرعة الآلية،
4- تغيير اتجاه سير الآلية (إلى الأمام أو إلى الخلف)،
5- فصل عزم دوران المحرك المنقول إلى الدواليب الفعَالة لمدة طويلة أثناء وقوف الآلية دون الحاجة إلى إيقاف المحرك.

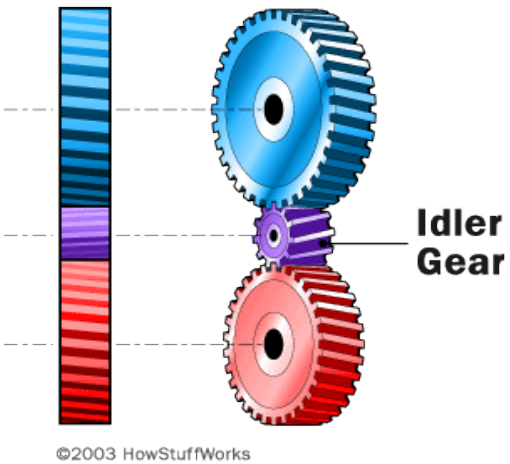


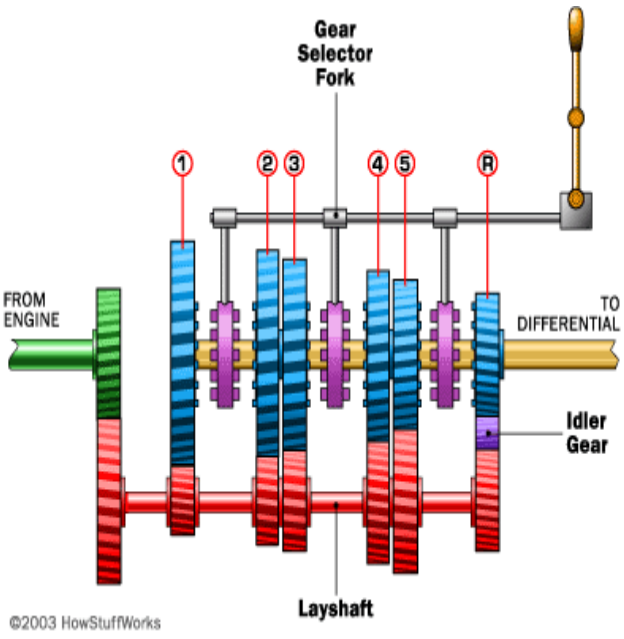
إن التغير في قيمة قوة الشد وسرعة الآلية بواسطة علبة السرعة ينتج عن التغيير في قيمة معامل النقل بين المسننات المعشقة، والذي تتوقف قيمته على اختلاف أقطار تلك المسننات المعشقة مع بعضها البعض.

يجب أن تتصف علبة السرعة بالمواصفات التالية:

1- أن تكون قوية ومتينة،
2- أن تكون مقاومة للاهتراء السريع،
3- أن تعمل بدون ضجيج،
4- أن تكون سهلة الاستعمال والصيانة،
5- أن تكون صغيرة الحجم والوزن،
6- أن يكون معامل مردود النقل فيها كبيرا" ما أمكن.

بشكل عام تتكون علبة السرعة من الأجزاء التالية:





1- هيكل علبة السرعة،

2- المحور الدوار، الذي يتصل مع عمود المرفق عن طريق الفاصل الواصل،

3- المحور الوسيط (المناول)، وهو المحور الذي يضم المسننات الثابتة ذات الأقطار المختلفة.

4- المحور الرئيسي (التابع)، وهو المحور الذي يضم المسننات المتحركة، ويتصل عن طريق الجسر الفعّال، بالدواليب الفعّالة للآلية،

5- محور مسنن الحركة العكسية،

6- شوكات تعشيق المسننات،

7- ذراع تغيير السرعة أو تعشيق المسننات (الفيتيس).

أجهزة الجسر الخلفي الفعّال:

تقوم أجهزة الجسر الخلفي الفعّال بنقل عزم الدوران من المحور الرئيسي (التابع) لعلبة السرعة إلى محوري الدولابين الخلفيين الفعّالين معا" أو كل على حدا، وهي تتكون من الأجهزة الرئيسية التالية:

1- مجموعة إدارة المحور (الجهاز العمودي)،

2- مجموعة المسننات الفرقية (الجهاز التفاضلي) (الدفرانسيه)،

3- مجموعة الإدارة النهائية (جهاز النقل النهائي).

مجموعة إدارة المحور: تقوم هذه المجموعة بالمهام التالية :

1- نقل الحركة من علبة السرعة إلى الدواليب الفعّالة عن طريق مجموعة المسننات الفرقية،

2- زيادة قيمة عزم الدوران المنقول من خلال تصغير عدد دورات المحرك الواصلة إلى الدواليب،

3- تغيير اتجاه الدوران بمقدار (90) درجة.

وتتألف مجموعة أدارة المحور من مسننين رئيسيين هما:

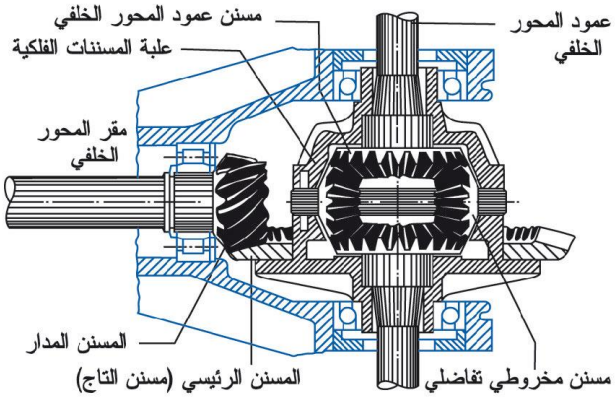
- المسنن المخروطي الفعّال (المهاجم) والذي يتصل مع المحور الرئيسي لعلبة السرعة عن طريق محور ناقل،
- مسنن التاج، المعشق مع المسنن المهاجم بشكل دائم، وهو الذي ينقل الحركة الدورانية إلى مجموعة المسننات الفرقية.

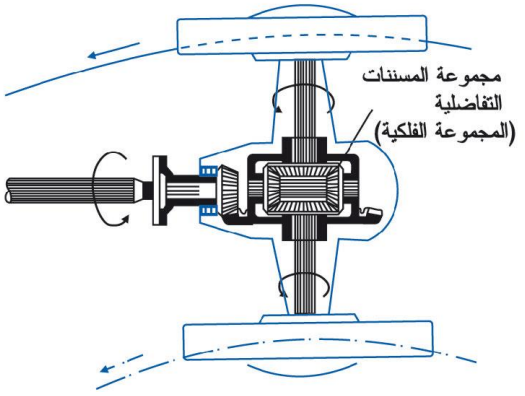
مجموعة المسننات الفرقية: أثناء دوران الآلية عند المنعطفات , فإن نصف قطر الدائرة التي ترسمها الدواليب الخلفية الداخلية أقل من نصف قطر الدائرة التي ترسمها الدواليب الخلفية الخارجية . وهذا يعني أن المسافة التي تقطعها الدواليب الخلفية الخارجية أكبر من المسافة التي تقطعها الدواليب الخلفية الداخلية، وهذا يؤدي إلى:

- صعوبة التفاف الآلية عند المنعطفات، مما يسبب خروجها عن الطريق أو انقلابها،
- إن اتصال الدواليب الخلفية بمحور واحد يؤدي عند الانعطاف إلى انزلاق الدواليب الداخلية للمحافظة على توازن الآلية مما يسبب تلفها السريع.

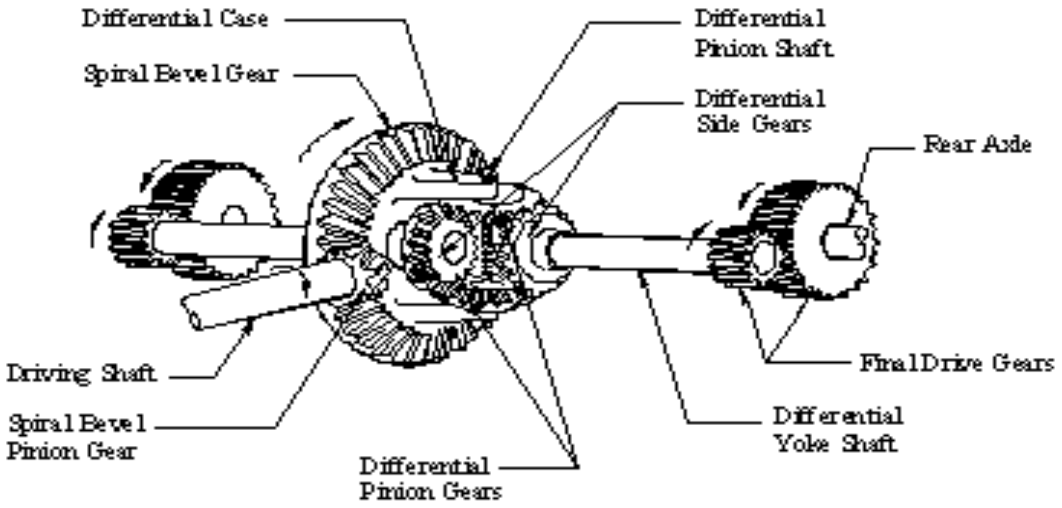
تقوم مجموعة المسننات الفرقية (الجهاز التفاضلي) بالتخلص من تلك المشكلات، من خلال مجموعة من المسننات المخروطية التي تقوم بالمهام التالية:

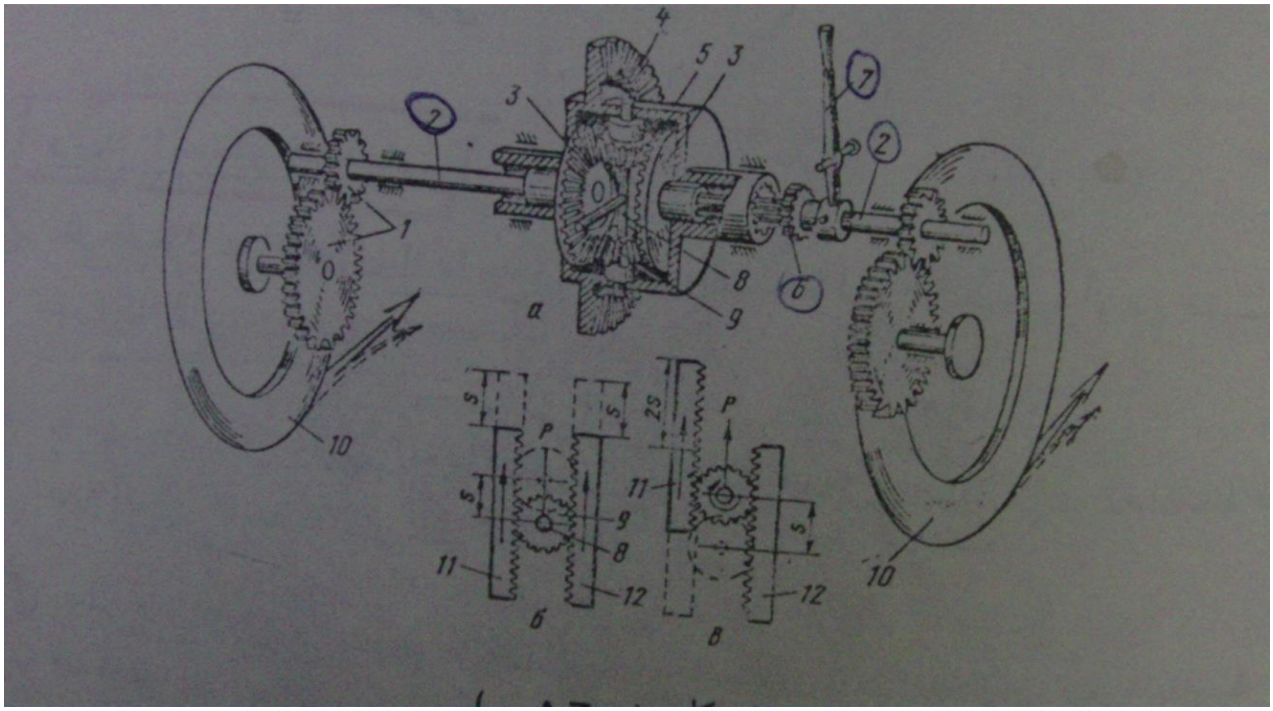
1- نقل الحركة من مجموعة إدارة المحور إلى دواليب الآلية،
2- ضمان دوران الدواليب الفعّالة عددا" من الدورات غير المتساوية، حسب عزم المقاومة المطبق على كل دولاب من الدواليب الفعّالة،
3- ضمان دوران الدواليب الفعّالة بعدد من الدورات المتساوية في حال سير الآلية على طريق مستقيم.





مجموعة الإدارة النهائية: وهي تتوفر في بعض الآليات الزراعية، التي يتطلب عملها تغيير ارتفاع الآلية عن الأرض أثناء العمل , وهي تتضمن عدد من المسننات والمحاور التي تساعد في تغيير ارتفاع الآلة بالنسبة لوضع الدواليب .





الشكل يظهر الجهاز التفاضلي(9-8-7-6-5-4-3)مع محاور اتصاله مع الدولابين(2) ومجموعة الإدارة النهائية(1) والدواليب (10)

أجهزة التلامس مع الأرض

يطلق اسم أجهزة التلامس مع الأرض على أجزاء الجرار التي يرتكز عليها إلى الأرض وتحركه نحو الأمام أو الخلف. ويوجد منا نوعيين هما:

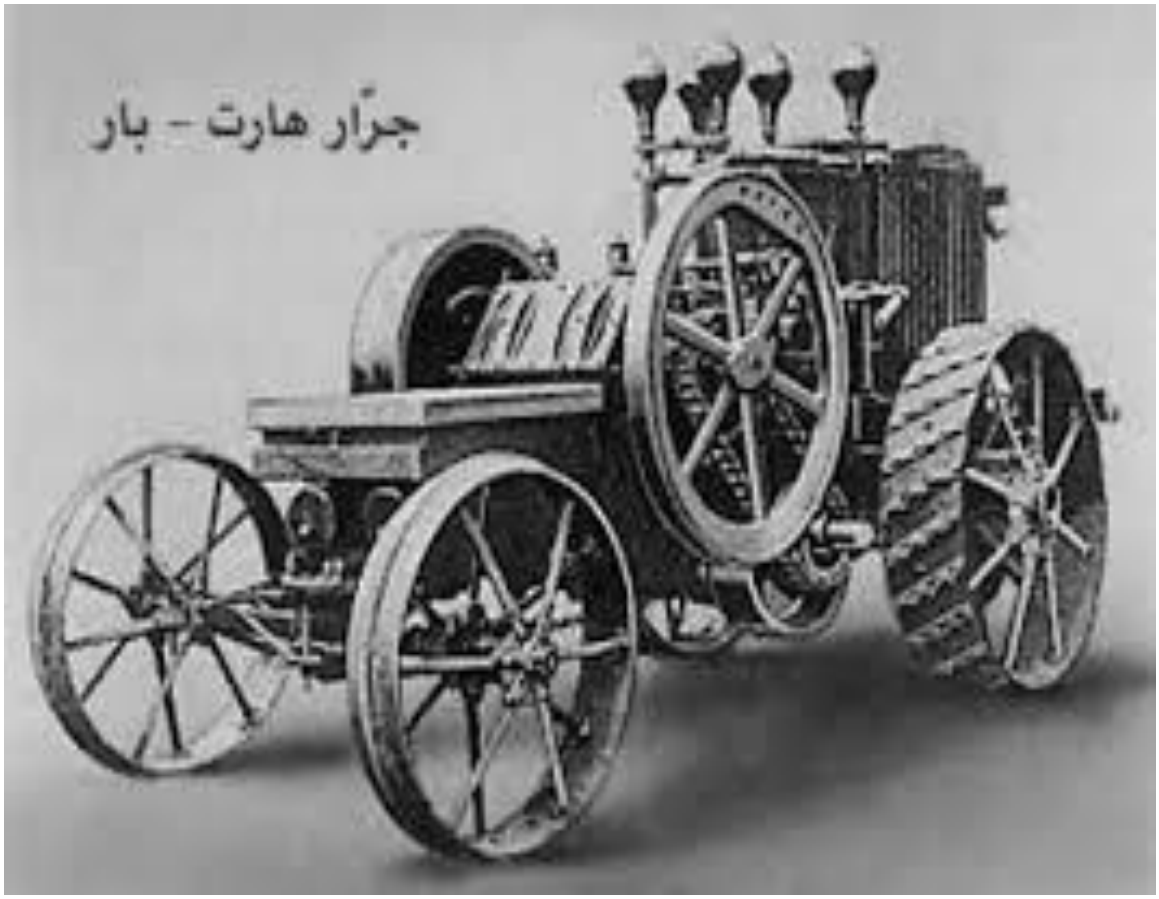
1- أجهزة التلامس ذات الدواليب (العجلات)،

2- أجهزة التلامس ذات الحصيرة أو الكتينة (الجنزير).

1-أجهزة التلامس ذات الدواليب:

بشكل عام يحتوي الجرار على أربعة دواليب، الخلفية منها تدعى بالدواليب الفعّالة، حيث عزم دوران المحرك ينتقل إليها عبر أجهزة الجسر الخلفي الفعّال، أما الأمامية منها وتدعى دواليب التوجيه، فتساعد الجرار على الالتفاف عن طريق عجلة القيادة (الدركسيون)، وهي غير فعّالة (إلا في بعض الجرارات الخاصة). ومن أجل تسهيل الالتفاف تكون الدواليب الأمامية ذات أقطار وعرض صغيرين. للاستفادة من وزن الجرار في قوة الجر يتم توزيع % (75-70) من وزن الجرار على الدواليب الخلفية والباقي على الدواليب الأمامية. تصنع الدواليب عادة من الحديد أو المطاط (الكاوتشوك).

دواليب الحديد: تعتبر هذه الدواليب ثقيلة الوزن وتناسب السرعات البطيئة فقط، وقد استخدمت على نطاق واسع في الجرارات الزراعية في بدايات تصنيعها وقبل اكتشاف الدواليب المرنة المصنعة من المطاط (الكاوتشوك). وقد كانت تتلف الطرقات المرصوفة لدى سيرها عليها، كما أنها كانت تتعرض بدورها إلى التلف لدى سيرها على الحجارة الكبيرة. ولكن ذلك لا يمنع من استخدامها في الجرارات التي تعمل في بعض المناطق التي يستحيل تعمل فيها الجرارات ذات الدواليب المطاطية أو الجرارات المجنزرة، حيث تكون ظروف العمل صعبة وعملية الانزلاق كبيرة (حقول الرز، المناطق ذات الثلوج المتجمدة ...). تجهز هذه الدواليب عادة ببروزات (قباقيب) معدنية لزيادة تماسكها مع الأرض الزلقة لمنع انزلاق الجرار.



دواليب المطاط (الكاوتشوك): بعد اكتشاف المطاط وكيفية استخدامه في تصنيع الدواليب المرنة (دواليب الكاوتشوك)، شاع استخدام هذا النوع من الدواليب في الجرارات الزراعية وحلت محل الدواليب الحديدية، وذلك لتمتعها بالمواصفات التالية:

1- تحتاج إلى استطاعة أقل من الحديدية للتغلب على مقاومة الأرض (التربة) لدوران الدولاب، وذلك لأن زيادة مساحة التلامس مع الأرض مما يؤدي إلى قلة تعمقها في الأرض، وبالتالي سهولة سيرها عليها وهذا بحد ذاته يقلل أيضا" من مصروف الوقود.

2- سهولة تدحرجها على الأرض وبالتالي تساعد الجرار على السير بسرعات اكبر و خاصة عند النقل (30 – 40 km / h) .

3- نسبة ضغطها على الأرض أقل، وذلك بسبب توزع وزن الجرار على سطح تلامس أكبر مع الأرض.

4- تقلل من ارتجاج الجرار أثناء سيره على الطرقات غير المستوية، وبالتالي تبقى الدواليب متلاصقة مع الأرض بصورة مستمرة.

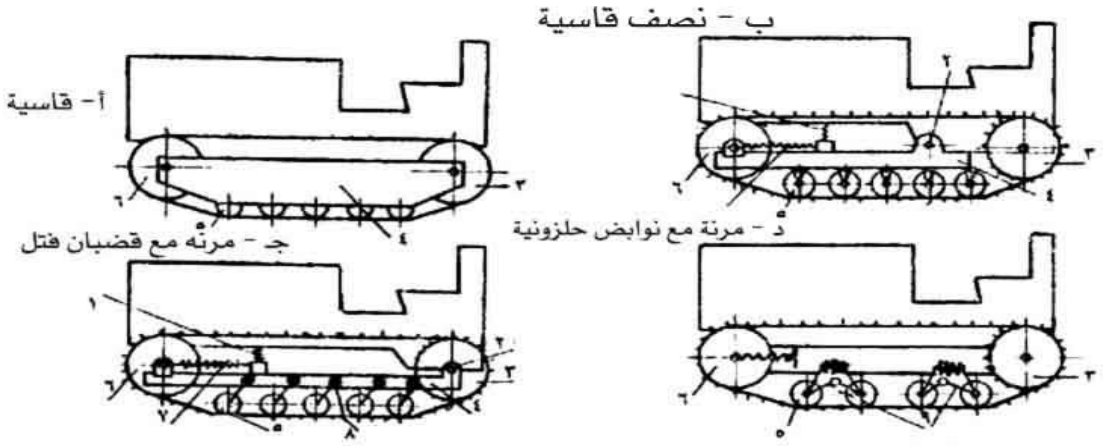
لزيادة كفاءة الشد في الجرار، وزيادة التماسك الجيد بين الدواليب لخلفية الفعّالة والأرض، ولتقليل انزلاقها تكون هذه الدواليب عريضة وذات أقطار كبيرة ومجهزة ببروزات ورسومات مختلفة على سطحها الخارجي، لأن عرض الدواليب يساعد في زيادة سطح التلامس مع الأرض (التربة) ويقلل من الضغط الواقع عليها كي لا تتشكل طبقة صلبة (صماء) تحت التربة فتحتاج لاحقا" إلى فلاحة عميقة، كما أن وجود البروزات على سطح الدواليب يساعد على زيادة تماسكها مع الأرض وبالتالي انزلاق أقل.

2-أجهزة التلامس ذات الكتينة (الجنازير):

تستخدم الجرارات المجنزرة في بعض العمال الزراعية الخاصة، وفي بعض المناطق التي لا يمكن فيها استخدام الجارات ذات الدواليب. يرتكز الجرار المجنزر على الأرض بواسطة جنزيرين من الحديد عريضين وطويلين نسبيا"، وبالتالي ينخفض ضغطها على الأرض (التربة)، حيث يبلغ حدود(0,35 – 0,5 bar) .

نظرا" لانخفاض مركز ثقل الجرارات المجنزرة مقارنة مع الجرارات ذات الدواليب المرنة (الكاوتشوك)، بالإضافة إلى اتساع نقاط ارتكازه على الأرض وقلة انزلاقه، يفضل استخدامه في الأماكن الصعبة والخطرة والتي لا يصلح فيها استخدام جرارات الدواليب المرنة مثل:

1- المناطق الجبلية،
2- المناطق التي تكثر فيها المستنقعات،
3- الأراضي الرملية والخفيفة وقليلة التماسك،
4- في مناطق استصلاح الأراضي وشق الطرق والأقنية وتسوية الأراضي ... الخ.



١- وصلة مرنة
٢- محور ترجح
٣- دولاب الشد
٤- عارضة الإسناد
٥- طُلّم الاستناد
٦- دولاب التوجيه
٧- وصلة مرنة لدولاب التوجيه
٨- قضبان الفتل
٩- سواعد التوجيه

الفصل السادس

أجهزة الانتفاع باستطاعة الجرار

كي يتمكن الجرار من تنفيذ العمال المختلفة مثل جر ورفع وتخفيض المعدات الزراعية المختلفة (المحاريث والأمشاط والمقطورات و.) أو تشغيل وإدارة الآلات الزراعية التي تحتاج طاقة حركية كي تقوم بعملها (المحشات والبذارات وآلات الرش و....) يتم تزويد الجرارات ببعض الأجهزة والمجموعات التي تؤمن نقل القوى والحركة إلى المعدات الزراعية وهي تتألف من:

1- أجهزة الشد (الجر)،
2- مجموعة الإدارة بالبكرات،
3- عمود الإدارة الخلفي،
4- الجهاز الهيدروليكي،
5- مجموعة توزيع الطاقة الكهربائية.

1- أجهزة الشد (الجر):

تتكون أجهزة الشد من: 1-قارنة توصيل المقطورات،

2-ذراع الشد (التوصيل)

1- القارنة البسيطة:

الشكل يظهر قارنة الجرار ووصلة ربط المقطورة بالجرار

تستخدم هذه القارنة لربط المقطورات بالجرار، وهي تسمح لعمد القطر بالتأرجح جانبيا" (أفقيا") بزاوية تصل إلى حدود (˚ 90) وشاقوليا" (إلى الأسفل والأعلى) بحدود (˚ 20)، وذلك لمساعدة المقطورة على التحرك بمرونة وخاصة عند استخدامها ضمن الحقول (ارض غير مستوية). تتعرض القارنة أثناء سير الجرار لقوى دفع من المقطورة، لذا ينصح بجعل هذه القارنة مرنة قدر الإمكان من خلال تركيب وسائد مطاطية بسماكات كافية لامتصاص الصدمات.

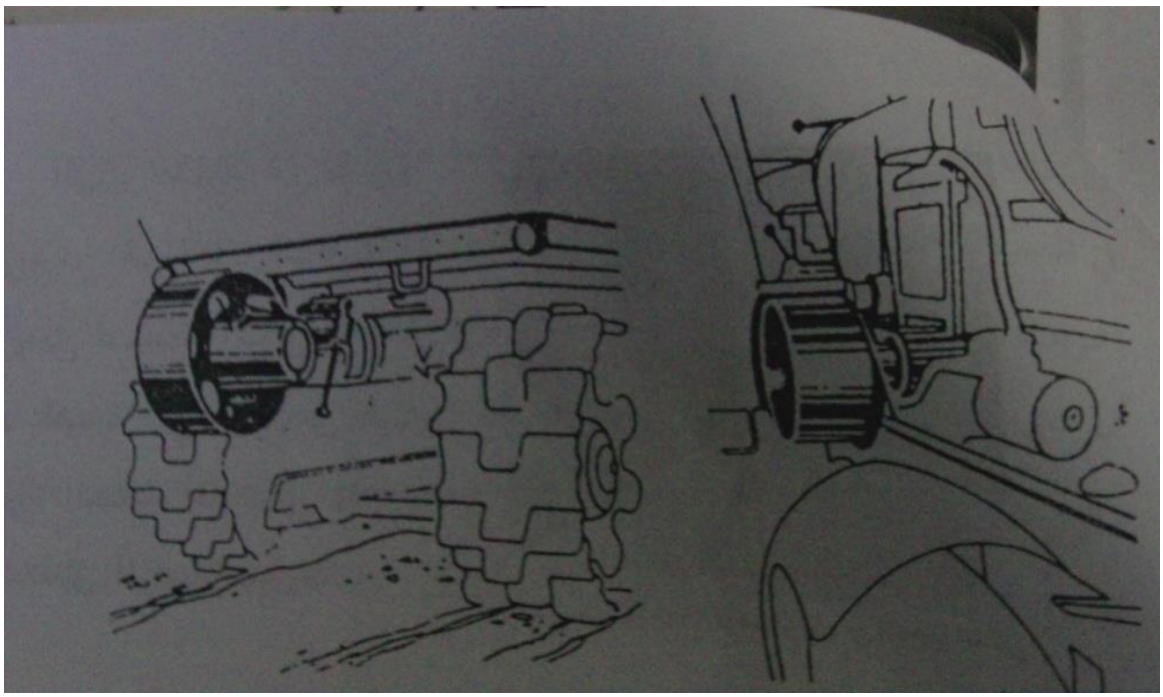
لمنع عمود القطر من الانزلاق من مكانه وخروجه من القارة يتم تثبيته بواسطة مسمار يثبت بخطاف سلكي.

2- ذراع الشد (التوصيل):

الشكل يظهر ذراع الشد الثلاثي نقاط الربط مع أذرع الرفع الهيدروليكية ونقاط الوصل في المحراث

وهو من أكثر الأجهزة استعمالا في الأعمال الزراعية على الرغم من كونه الأقل كفاءة بينها وهو عبارة عن ذراع أو أكثر من الصلب توجد فيه ثقوب عديدة تستخدم لتثبيت المعدات الزراعية المراد شدها (جرها). ويمكن ضبطه أفقيا" وشاقوليا" كي يتناسب مع الآلة الزراعية المجرورة، وهو يرتفع عن الأرض بحدود (20 – 50 cm) حسب نوع الجرار الزراعي كم يمكن التحكم بارتفاعه إما يدويا" أو عن طريق الجهاز الهيدروليكي. أهم الآلات الزراعية التي يتم ربطها بذراع الشد هي المحاريث والأمشاط والمدار يس ....

2- مجموعة الإدارة بالبكرات:

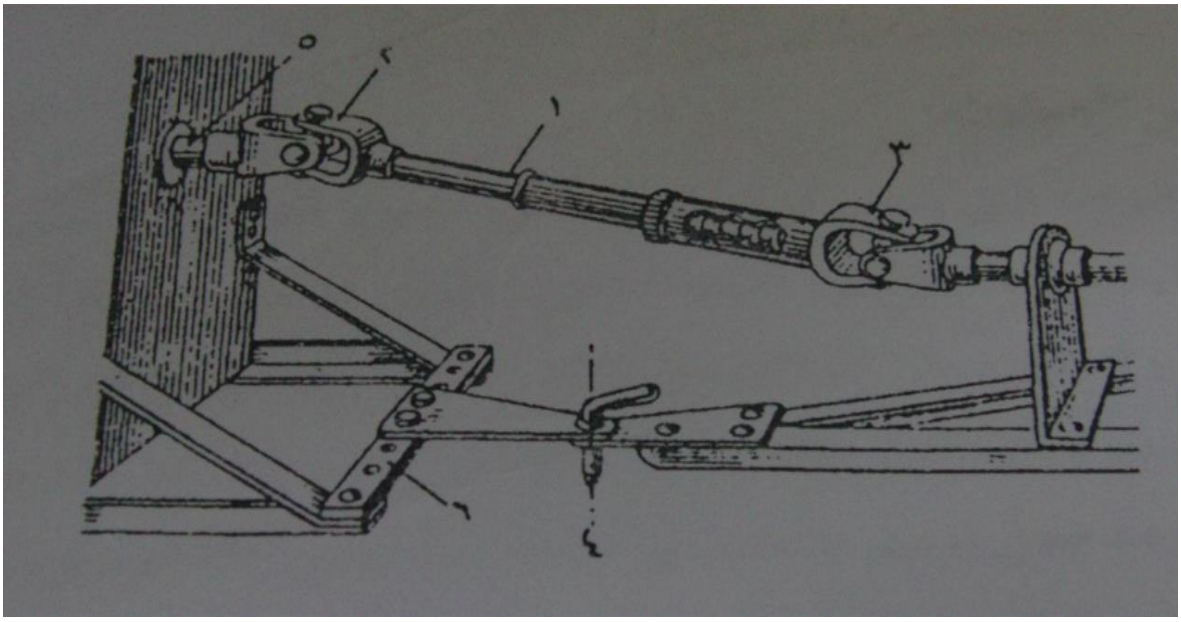


الشكل يظهر مكان تواجد البكرة على الجانب اليمن للجرار وفي الجهة الخلفية منه

وهي عبارة عن اسطوانة (بكرة أو طارة) تدور حول محورها أثناء دوران المحرك وذلك لدى تعشيقها معه وهي تستمد حركتها من عمود المرفق (الجذع المعقوف) مباشرة أو عبر مسننات (تروس) مخروطية تأخذ حركتها من عمود المرفق كما يمكن أن موصولة مع علبة السرعة و وتتراوح سعة دورانها حسب احتياجات الآلة المدارة بحدود (1000 – 1500 r.p.m) . وهي عادة توجد على الجانب الأيمن للجرار وأحيانا" في الخلف أعلى عمود الإدارة الخلفي , وتنتقل الحركة إلى المعدات الزراعية التي تديرها عن طريق سير ناقل يصل بينها وبين تلك المعدات , وأهم المعدات التي تديرها البكرة هي مضخات الري وآلات الدراسة والجرش .

3--عمود الإدارة الخلفي:

وهو عبارة عن محور ينقل الحركة الدورانية إلى مؤخرة الجرار، ويستمد حركته من علبة السرعة، وله فاصل واصل (دبرياج) خاص به، وتتراوح سرعة دورانه بحدود (450 – 1000 r.p.m) وتركب في نهايته وصلة جامعة للحركة لربط العمود الجامع للحركة مع محور الآلة الزراعية كي ينقل إليها الحركة الدورانية اللازمة لتشغيلها، وأهم هذه الآلات البذارات وآلات الرش وآلات الحش ....



1-العمود الجامع للحركة-2-الوصلة الأمامية الجامعة للحركة -3-الوصلة الخلفية الجامعة -4-محور ارتكاز آلية الشد -5-عمود التشغيل الخلفي -6-ذراع الشد

الشكل يظهر عمود الإدارة الخلفي وقد وضع عليه الغطاء الواقي

في بعض الجرارات يمكن أن يكون هناك عمود إدارة أمامي.

4--الجهاز الهيدروليكي:

يستخدم الجهاز الهيدروليكي لرفع وخفض المعدات الزراعية المعلقة أو المقطورة بالجرار، ويتكون هذا الجهاز من الجزاء التالية:

1- المضخة الهيدروليكية،

2- اسطوانتا التشغيل وخزان الزيت،

3- عناصر التحكم،

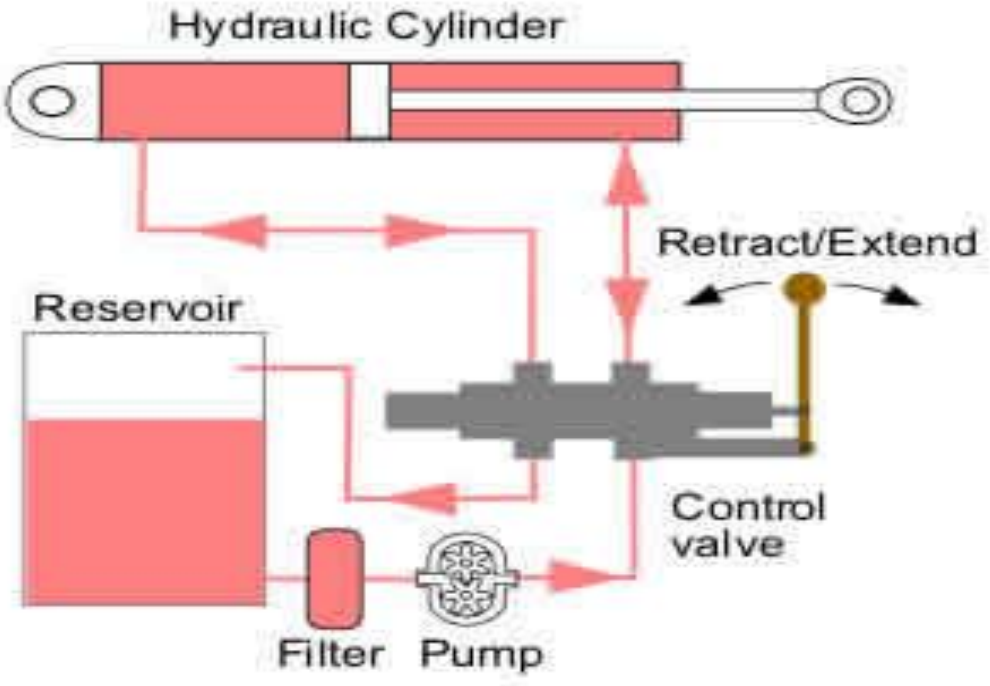
4- خرطوم نقل الزيت، وهو خرطوم مرن وقابل للانثناء.

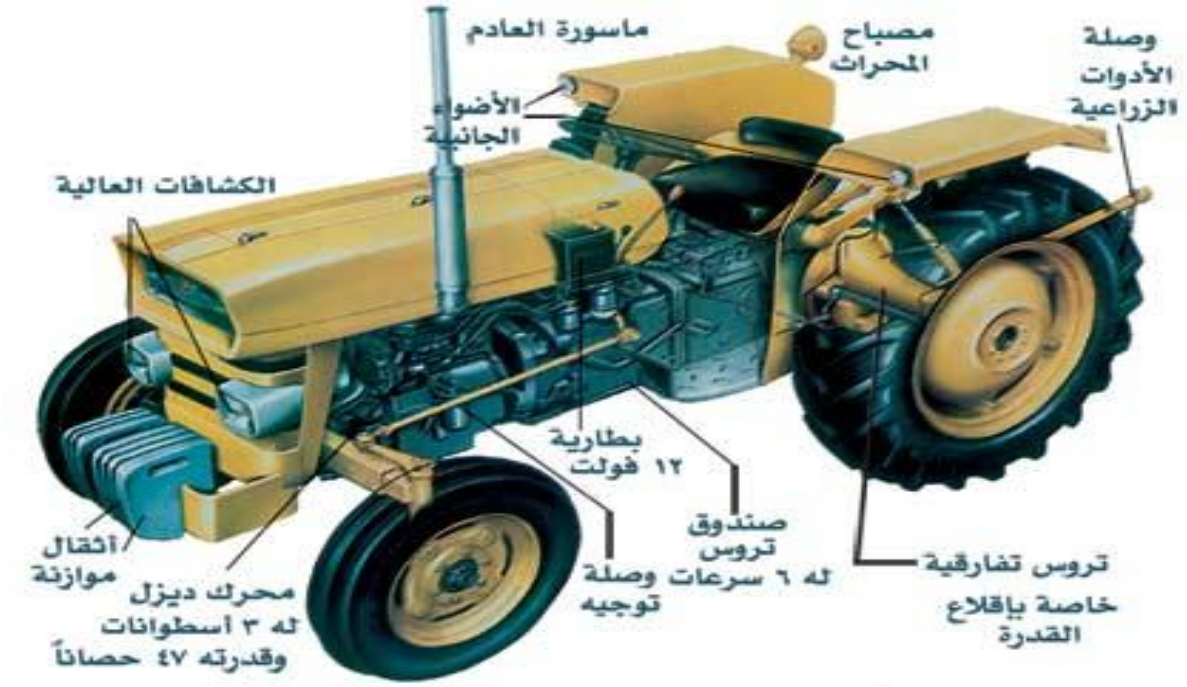
يقوم الجهاز الهيدروليكي (الرافعة الهيدروليكية) بتأمين نوعين من التشغيل الاختياري للمعدات المتصلة مع الجرار:

1-تحكم في الجهد , 2-تحكم موضعي.

أ- نظام التحكم في الجهد: عندما تكون ظروف أرض العمل متغيرة بصفة مستمرة أو عندما تكون الأرض غير مستوية , فإن هذا الجهاز لا غنى عنه للاستمرار بالعمل , مع تأمين التصاق جيد للعجلات بالأرض . حيث يقوم النظام بتنظيم (تغيير) عمق العمل أليا" (أوتوماتيكيا")، طبقا لظروف كثافة وتركيب الأرض (التربة).

ب- نظام التحكم الموضعي: يسمح هذا النظام بضبط ارتفاع المعدات الزراعية بالنسبة للجرار في الوضع اللازم والمحافظة على هذا الوضع آليا" دون النظر إلى تنوعات الأرض ومدى مقاومتها. وهو معد بصفة خاصة للأعمال التي تتطلب جودة الأداء، وخاصة في الأراضي المستوية نوعا" ما وذات التربة المتشابهة من حيث المقاومة، كما أنه يستعمل أيضا" مع معدات وآلات زراعية أخرى مثل المرشات وأجهزة الحصاد والحفر التي تعمل على ارتفاع معين عن سطح الأرض.





الشكل (٣) مكونات الجرّار الزراعي وأجزاؤه

5--مجموعة توزيع الطاقة الكهربائية:

وتشمل الأجهزة الموجودة في الجرار والتي تستهلك الطاقة الكهربائية التالية:

1- معدات ووسائل الإنارة،
2- الملحقات واللوازم الكهربائية،
3- الكبلات،
4- المصاهر (الفيوزات).

1- معدات ووسائل الإنارة: تزود الجرارات بالعادة بمصابيح أمامية يكفيان لإنارة الطريق أمامها، كما وتزود بمصباح إنارة خلفي موجه نحو المعدات الزراعية المجرورة أو المقطورة، من أجل تنفيذ الأعمال ليلا". بالإضافة إلى ذلك يزود الجرار بكشاف متحرك يمكن توجيهه إلى أي جانب كان. كذلك توضع على الطرفين الخلفيين للجرار لمبتان حمراوان تعملان أليا" بمجرد إضاءة المصابيح الأمامية، وذلك لتحديد جانبي الجرار. بالإضافة غلى لمبتي إشارة التوقف ذات اللون الأصفر، والتي تضيء لدى تشغيل المكابح (الفرامل)، وكذلك لمبات إشارة جانبية تضيء إحداها حسب اتجاه سير الجرار (نحو اليمين أو نحو اليسار). وفي حال ربط المقطورة بالجرار يجب وصل لمبات الإشارة والتوقف في المقطورة مع التيار الكهربائي للجرار لنقل الإشارة إليها. عند التشغيل الليلي للجرار تضيء لوحة أجهزة المعلومات (التابلو) أمام السائق ليتمكن من مراقبة كل هذه الأجهزة.

2- الملحقات واللوازم الكهربائية: تركب على حاجب الريح الأمامي مساحة لمسح المطر، وتوضيح الرؤية أمام السائق، وهي تستمد حركتها من محرك كهربائي خاص. كما يمكن أن تزود الجرارات بأبواق كهربائية للتنبيه.

3- الكبلات: يتطلب إمداد المجموعات المستهلكة للتيار الكهربائي وصلها بكابلات (أسلاك) مناسبة، مساحة مقطعها تتناسب طردا" مع شدة التيار الكهربائي الذي تنقله.

4- المصاهر (الفيوزات): وهي عناصر تحمي المجموعات المستهلكة للتيار الكهربائي والكبلات والبطارية من الأعطال التي يسببها ارتفاع شدة التيار الكهربائي عن الحد المسموح به، حيث عندما يرتفع شدة التيار الكهربائي عن الحد المسموح به يحترق عنصر الانصهار في المصهر (الفيوز) للجهاز المعني لحمايته من تأثير ذلك الارتفاع في شدة التيار الكهربائي. توضع المصاهر (الفيوزات) ضمن علبة خاصة تسمى علبة المصاهر , وذلك في مكان يسهل الوصول إليه لتبديلها عند اللزوم .

الفصل السابع

القوى المؤثرة على توازن الجرار

تؤثر على الجرار نوعان من القوى:

1- القوى المحرِكة: وهي القوة التي ينتجها محرك الجرار على شكل طاقة ميكانيكية (عزم دوران الحدافة) والتي يمكن الاستفادة منها في سير الجرار وشده للمعدات الزراعية أو إدارة البكرة أو عمود إدارة الخلقي أو تشغيل الجهاز الهيدروليكي.

2- القوى المقاومة: وهي القوى التي تقاوم (تعيق) سير الجرار وهي تنشأ نتيجة لجر المعدات الزراعية ولمقاومة الطريق والهواء لسير الجرار ونتيجة لانزلاق الدواليب على الأرض .....

<u>نقل عزم الدوران من المحرك إلى الدواليب الفعَالة للجرار:</u>

تختلف قيمة الاستطاعة التي يولدها المحرك باختلاف سرعة دورانه، وهي تبلغ قيمتها القصوى عند سرعة الدوران التصميمية القصوى لعمود المرفق. يقدم المحرك استطاعته تلك على الحدافة على شكل عزم دوران، والذي يتناسب عكسا" مع سرعة دوران الحدافة، وتحسب قيمته من العلاقة التالية:

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} \quad [\text{J}] \qquad (58)$$

حيث: P_e استطاعة المحرك [W]

N عدد دورات الجزع المعقوف في الدقيقة [r.p.m]

للاستفادة من عزم الدوران، وبالتالي من استطاعة المحرك، في تنفيذ العمليات الزراعية، لا بد من زيادة مقدار عزم دوران المحرك، وهذه الزيادة تتعلق بنوع العمل المطلوب إنجازه من قبل الجرار، لذلك تجهز الجرارات بأجهزة خاصة تدعى أجهزة التوصيل، وظيفتها نقل عزم الدوران إلى بكرة الإدارة أو إلى عمود الإدارة الخلفي أو إلى الدواليب الفعَالة للجرار مع تكبير قيمة هذا العزم حسب الحاجة. ولكن بما أن علاقة التناسب هي علاقة عكسية بين قيمة عزم دوران المحرك وعدد دوراته (سرعته) أي عدد دورات الدواليب الخلفية (سرعة الجرار)، وبالتالي كلما كبرت قيمة عزم الدوران المنقول إلى الدواليب الفعالة قلت سرعة الجرار والعكس صحيح. إن النسبة بين عدد دورات المحرك وعدد دورات الدواليب الفعَالة الخلفية للجرار تدعى نسبة التصغير لأجهزة التوصيل (i_m)، وهي تختلف من سرعة إلى أخرى وفق العلاقة:

$$\mathrm{i_m} = \frac{N}{N_k} \qquad (59)$$

حيث: N عدد *دورات المحرك* (r.p.m)

N_k عدد دورات الدولاب *(r.p.m)*

يحسب عزم الدوران المطبق على الدواليب الفعَالة الخلفية للجرار بالعلاقة التالية:

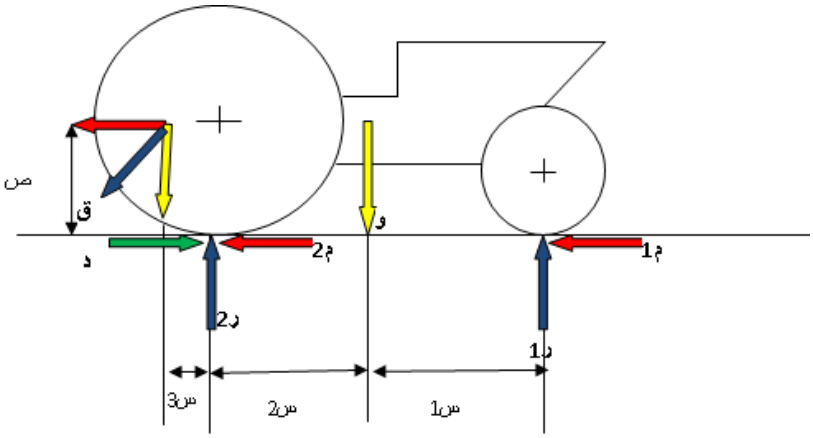
$$\mathrm{M_k} = M_e.i_m.\eta_{m_a} \quad [J] \qquad (60)$$

حيث:η_{ma} المردود الميكانيكي لأجهزة التوصيل

وبالتالي يمكن حساب القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية الفعَالة للجرار وهذه القوة هي المسؤولة عن سير الجرار إلى الأمام أو إلى الخلف بعد تغلبه على كل القوة المقاومة له خلال تنفيذ الأعمال الزراعية، وهي قوة أفقية تؤثر عند نقاط تلامس الدواليب الخلفية الفعَالة مع الأرض، وتحسب وفق العلاقة التالية:

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} \quad [N] \qquad (61)$$

حيث: r_k نصف القطر الديناميكي للدولاب الخلفي الفعّال في الجرار (m)



الرموز في الشكل: و: قوة ثقل الجرار *(G)* – ر: رد فعل الأرض *(R)* – ق: قوة الشد *(F_d)* – م: قوة مقاومة الأرض لدوران الدواليب *(F_f)* – د: قوة الدفع *(F_k)*

<u>معادلة توازن القوى خلال عمل الجرار:</u>

تؤثر على الجرار أثناء عمله مجموعة من القوى هي:

1- ثقل الجرار (G)
2- رد فعل الأرض على تأثير ثقل الجرار (R)
3- قوة الشد (الجر) (F_d)
4- مقاومة الأرض لدوران الدواليب (F_f)
5- قوة مقاومة ميلان الطريق (F_i)
6- مقاومة الهواء لسير الجرار (F_a)
7- القصور الذاتي (قوة العطالة) (F_j)
8- قوة الدفع ($F_{k'}$)

ثقل الجرار (G):

وهي قوة شاقولية تتجه نحو الأسفل ومركز تأثيرها هو مركز ثقل الجرار، والذي يكون أقرب إلى المحور الخلفي لإعطاء الدواليب الخلفية ثباتا" أكبر من خلال زيادة رد الفعل عليها، وهذا يعطي تماسك أكبر مع الأرض وبالتالي انزلاق أقل. وتحسب قوة ثقل الأرض بالعلاقة التالية:

$$G = m.g \quad [N] \qquad (62)$$

حيث: m وزن الجرار (kg)

g تسارع الجاذبية الأرضية (9,81 m/s^2)

قوة رد فعل الأرض (R): وهي قوة شاقولية تتجه نحو الأعلى وتؤثر في نقاط تلامس الدواليب الخلفية والأمامية مع الأرض، لذا هي تمثل قوتين (R_1) عند الدواليب الأمامية (R_2) عند الدواليب الخلفية وهي التي تلعب دورا" كبيرا" في انزلاق الدواليب الفعّالة الخلفية للجرار خلال سيره

قوة مقاومة الأرض لدوران الدواليب (لسير الجرار) (F_f) :

عندما يسير الجرار إلى الأمام أو إلى الخلف تنشأ قوة تقاوم سيره، وهي ناتجة عن احتكاك الدواليب مع الأرض من جهة ونتيجة تشوهها وتشوه الطريق من جهة أخرى. تتأثر هذه القوة بعدة عوامل منها وزن الجرار وطبيعة الأرض ونوع ومقاس الدواليب وأفقية الطريق أو ميلانه وسواها. في حال كانت الطريق مائلة على الأفق بزاوية (α) تحسب مقاومة الطريق بالعلاقة التالية:

$$F_f = f.G.\cos\alpha \ \ [\mathrm{N}] \qquad (63)$$

عندما تكون الطريق مستوية (أفقية) تأخذ العلاقة (63) الشكل التالي:

$$\mathrm{F_f} = G.f \quad [N] \qquad (64)$$

حيث: f معامل مقاومة الطريق لدوران دواليب الجرار والمقطورة ونحصل على قيمته من الجدول التالي:

طبيعة الأرض	جرار بدواليب كاوتشوك (% f)	جرار مجنزر (% f)
طريق ترابية جافة ومضغوطة	3 – 5	5 – 7
ارض لم تزرع سابقا"	5 – 7	6 – 7
أرض عشبية مزروعة لعدة سنوات	6 – 8	6 – 7
أرض محصودة	8 – 10	6 – 8
أرض مفلوحة	12 – 18	8 – 10
أرض معدة للبذار	16 – 18	9 – 12
أرض مغطاة بالثلج المضغوط	*3 – 4*	6 – 7
أرض عزقة (مستنقع)	----- -----	11 – 14

قوة مقاومة ميلان الطريق (F_i):

تنشأ هذه القوة فقط عند سير الجرار على طريق مائلة على الأفق بزاوية (α)، وهي تقاوم (تعيق) سير الجرار صعودا" (مقاومة)، وتساعد (تدفع) الجرار هبوطا" (قوة دفع)، وهي تنعدم عندما تكون الطريق أفقية. تحسب قوة مقاومة ميل الطريق بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{F_i} = G.sin \propto \quad [N] \qquad (65)$$

قوة الشد (الجر) (F_d):

وهي القوة التي تشد الجرار نحو الخلف تميل على الأفق بزاوية صغيرة (لتسهيل الحسابات نعتبرها أفقية) وتؤثر في نقطة تعشيق المعدات الزراعية المربوطة مع ذراع الشد، وتختلف قيمتها وطريقة حسابها باختلاف العمليات الزراعية التي ينفذها الجرار أي باختلاف الآلات الزراعية التي يجرها الجرار خلال عمله، وبالتالي تختلف العلاقة الحسابية لها باختلاف المعدات المشدودة من قبل الجرار. ونميز هنا ثلاث حالات للعمليات الزراعية:

1- <u>الفلاحة بواسطة المحاريث القلابة (مطرحية أو قرصية):</u>

عند فلاحة الأرض يجب اختيار المحراث المناسب للعملية الزراعية المطلوبة من جهة، والذي يستطيع الجرار أن يجره من جهة أخرى، ومن ثم اختيار سرعة الجرار المناسبة لتنفيذ العمل بمردود اقتصادي عالي (فلاحة أكبر مساحة ممكنة في الساعة مع أقل مصروف للوقود) وتحسب قوة الشد اللازمة للفلاحة بالعلاقة التالية:

$$F_d = K_p . T_p . b_p . n = K_p . T_p . B_m \quad [N] \qquad (66)$$

حيث: n عدد أسلحة المحراث

b_p عرض الفلاحة الفعّال لكل سلاح (m)

B_m العرض الفعّال للآلة ($B_m = n.b_p$) (m)

T_p *عمق الفلاحة* (m)

K_p المقاومة النوعية للتربة لعملية الفلاحة (N / m^2) وهي تمثل مقاومة المتر المربع الواحد لعملية حراثة الأرض وتتعلق قيمتها بالطبيعة الفيزيائية والكيميائية للأرض ومقدار الرطوبة فيها وغيرها من المتغيرات .

ونحصل على قيمة (K_p) من الجدول التالي :

نوع التربة	المقاومة النوعية [N / m^2]
أرض خفيفة (رملية)	19600 – 34300
أرض متوسطة (خفيفة ومتوسطة الطين)	34300 – 54000
أرض ثقيلة (ذات طين كثير)	54000 – 78500
أرض ثقيلة جدا" (ذات طين ناشف)	أكبر من 78500

ملاحظة: تسهيلا" للحسابات اعتبرت الأرض مستوية ولم يؤخذ بعين الاعتبار وزن المحراث

2- <u>التنعيم , التمشيط , البذار , العزاقة 0000</u> :

تحسب قوة الشد للجرار في هذه الحالة بالعلاقة التالية:

$$F_d = K_m . B_m \quad [N] \qquad (67)$$

حيث: Bm العرض الفعّال لأسلحة الآلة المستخدمة (m)

K_m المقاومة النوعية للتربة للعملية الزراعية المنفذة (N / m)

وهي تمثل مقاومة التربة لعمل متر واحد من عرض الآلة المجرورة، وتختلف قيمة المقاومة النوعية المترية باختلاف طبيعة المعدات وطبيعة الأرض والعمق، ونحصل على قيمتها من الجدول التالي:

نوعية العملية الزراعية	نوع الآلة المستعملة	المقاومة النوعية [N / m]
تنعيم - تمشيط	الأمشاط ذات الأسنان المتوسطة	440 – 540
	المشاط ذات الأسنان الثقيلة	683 – 883
	الأمشاط القرصية	883 – 1275
كسر التراب		587 – 1275
عملية بذر البذار	المسافة بين الخط والآخر (25 cm)	981 – 1374
	المسافة بين الخط والآخر (15 cm)	1472 – 1766
عملية التمشيط بين الخطوط باستخدام الكولتيفاتور		1177 – 1766
حصاد الذرة من اجل العلف		1472 – 1668
حصاد العشب من أجل العلف		883 – 1374

ملاحظة: تسهيلا" للحسابات اعتبرت الأرض مستوية ولم يؤخذ بعين الاعتبار وزن الآلة المستخدمة بالعملية

3- حالة شد مقطورة (حالة النقل):

يستخدم الجرار أيضا" لنقل المحاصيل الزراعية والأعلاف والبذار وكذلك العمال 0000الخ وذلك على مختلف الطرق المعبدة منها والزراعية وضمن الأراضي الزراعية وهذه الأعمال تتطلب جر مقطورة خلف الجرار وبالتالي فإن القوة اللازمة لشد هذه المقطورة بحمولاتها تختلف باختلاف طبيعة الطريق وهل هو مائل أو مستوي وكذلك الحمولة المقطورة. سندرس الحالة العامة والتي تحتاج للأكبر قوة شد من الجرار وهي حالة الصعود على طريق تميل على الأفق بزاوية (α)، في هذه الحالة يجب على قوة الشد (الجر) أن تتغلب على قوتي مقاومة، الأولى قوة مقاومة الطريق لسير المقطورة (F_{ft}) , والثانية قوة مقاومة ميلان الطريق لسير المقطورة (F_{it}) وبالتالي تعطى قوة شد المقطورة بالعلاقة التالية :

$$F_d = F_{ft} + F_{it} \quad [N] \qquad (68)$$

تحسب قوة مقاومة الطريق لسير المقطورة بالعلاقة التالية:

$$F_{ft} = f.G_t.\cos\alpha \quad [N] \qquad (69)$$

حيث: G_t ثقل المقطورة مع حمولتها (N)

وتحسب قوة مقاومة ميلان الطريق بالعلاقة التالية:

$$F_{it} = G_t.\sin\propto \quad [N] \qquad (70)$$

وبالتالي تحسب قوة شد المقطورة بالعلاقة التالية:

$$F_d = f.G_t.\cos\propto + G_t.\sin\propto \quad [N] \qquad (71)$$

وفي حال كان الطريق مستوي (أفقي) تصبح العلاقة (71) بالشكل التالي:

$$F_d = f.G_t \quad [N] \qquad (72)$$

في حالة هبوط الجرار مع المقطورة في الطرية المائل تصبح العلاقة (71) بالشكل التالي:

$$F_d = f.G_t.\cos\propto - G_t.\sin\alpha \quad [N] \qquad (73)$$

في هذه الحالة تتحول قوة الشد إلى قوة دفع للجرار قد تؤدي إلى قلبه لذا لا بد من دراسة توازن الجرار في هذه الحالة لتحديد قيمة هذه القوة كي لا تسبب قلب الجرار.

قوة مقاومة الهواء لسير الجرار (Fa):

وهي القوة التي يبديها الهواء لمقاومة سير الجرار، وهي تتناسب طردا مع سرعة الجرار، وبما أن سرعة الجرار تكون صغيرة نسبيا" وخاصة خلال تنفيذ الأعمال الزراعية وبالتالي تكون قيمة مقاومة الهواء صغيرة لدرجة يمكن إهمالها في حساباتنا.

قوة العطالة (القصور الذاتي) (F_j):

وهي قوة تؤثر في مركز ثقل الجرار وتظهر فقط عند تغيير سرعة الجرار، وهي تعاكس اتجاه حركة الجرار لحظة بدئها ثم تزول مع ثبات سرعته، أو تعاكس اتجاه سير الجرار لدى تخفيض سرعته ولحظة التوقف. وباعتبارها قوة لحظية لذا يمكن إهمالها في دراستنا هذه.

قوة الدفع ($F_{k'}$) :

وهي قوة الجرار التي يجب أن تتغلب على كل القوى المقاومة لحركته وبالتالي تعطى بالعلاقة التالية:

$$F_{k'} = F_d + F_f \pm F_i \pm F_a \pm F_j \quad [N] \qquad (74)$$

ولكي يتمكن الجرار من تنفيذ مختلف الأعمال الزراعية يجب أن تكون القوة المماسية الناتجة عن استطاعة المحرك أكبر أو تساوي قوة الدفع وإلا عجز هذا الجرار عن تنفيذ العمل المطلوب منه.

بما أننا أهملنا قوة مقاومة الهواء وقوة العطالة تصبح العلاقة (74) بالشكل التالي:

$$F_{k'} = F_d + F_f \pm F_i \quad [N] \qquad (75)$$

وفي حال عدم ميلان الطريق تصبح العلاقة من الشكل:

$$F_{k'} = F_d + F_f \quad [N] \qquad (76)$$

<u>الانزلاق:</u>

عندما يتحرك الجرار إلى الأمام، تدفع الدواليب الخلفية الفعّالة التربة إلى الخلف، يحدث أحيانا" أن تقل المسافة التي يتحركها الجرار عن المحيط الفعلي للدولاب. أي أن الدواليب الخلفية الفعّالة تدور حول محاورها مع نقل جزئي للحركة إلى الجرار، فيقال عندئذ أنها تنزلق على الأرض، وهذا الانزلاق يعتبر فقدا" في الاستطاعة والطاقة وعمق التشغيل وعرضه (الحراثة، التمشيط 000) بالإضافة إلى استهلاك كمية أكبر من الوقود. يتم قياس مقدار الانزلاق بوضع علامة على الدولاب الخلفي ثم يتم حساب الزمن والمسافة التي يقطعها الجرار في عشر لفات، ويتم تكرار هذه القياسات مع تحميل الجرار بأحمال مختلفة، ومن خلال ذلك يمكن التعبير عن مقدار الانزلاق بمعامل الانزلاق (δ) الذي يحسب وفق العلاقة التالية:

$$\delta = \frac{L_a - L}{L_a} \quad [\%] \qquad (77)$$

حيث: La *المسافة* المقطوعة بدون حمل (m)

L المسافة المقطوعة مع الحمل (m)

ونظرا" لصعوبة قياس المسافة خلال عمل الجرار يفضل حساب معامل الانزلاق بالعلاقة التالية:

$$\delta = \frac{V_t - V_p}{V_t} \quad [\%] \qquad (78)$$

حيث: Vp السرعة الفعلية للجرار خلال العمل (km / h)

$$V_p = V_t(1 - \delta)$$

V_t السرعة النظرية للجرار (km / h), تحسب هذه السرعة بالعلاقة التالية:

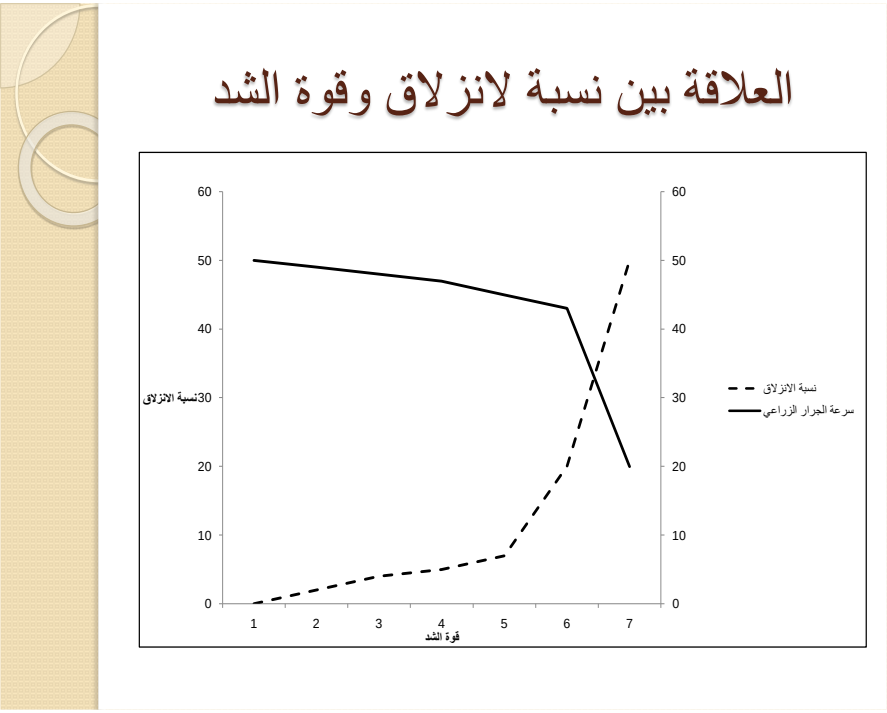
$$V_t = \frac{2\pi . r_k . N . 60}{1000 . i_m} = 0{,}377\ \frac{r_k . N}{i_m} \quad \left[\frac{km}{h}\right] \qquad (79)$$

<u>العوامل التي تؤثر على نسبة الانزلاق:</u>

1- الوزن الواقع على الدولاب الخلفي الفعّال: حيث أن زيادة الوزن الواقع على الدولاب تقلل من نسبة الانزلاق والعكس صحيح (علاقة عكسية).
2- طبيعة الأرض: تزداد نسبة الانزلاق في الأرض الخفيفة ذات التربة المفككة (رملية)، وتقل في الأرض المتماسكة.
3- شكل ومقاس الدولاب: إن احتواء السطح الخارجي للدولاب على بروزات ورسومات مختلفة وعرضه الكبير تساهم في زيادة مساحة التلامس مع الأرض وبالتالي تقلل من نسبة الانزلاق.
4- ضغط الهواء في الدولاب: بما أن ضغط الهواء داخل الدولاب يؤثر على مساحة التلامس بين الدولاب والأرض، فإذا قل ضغط الهواء داخل الدولاب تزداد مساحة التلامس، وبالتالي تقل نسبة الانزلاق.

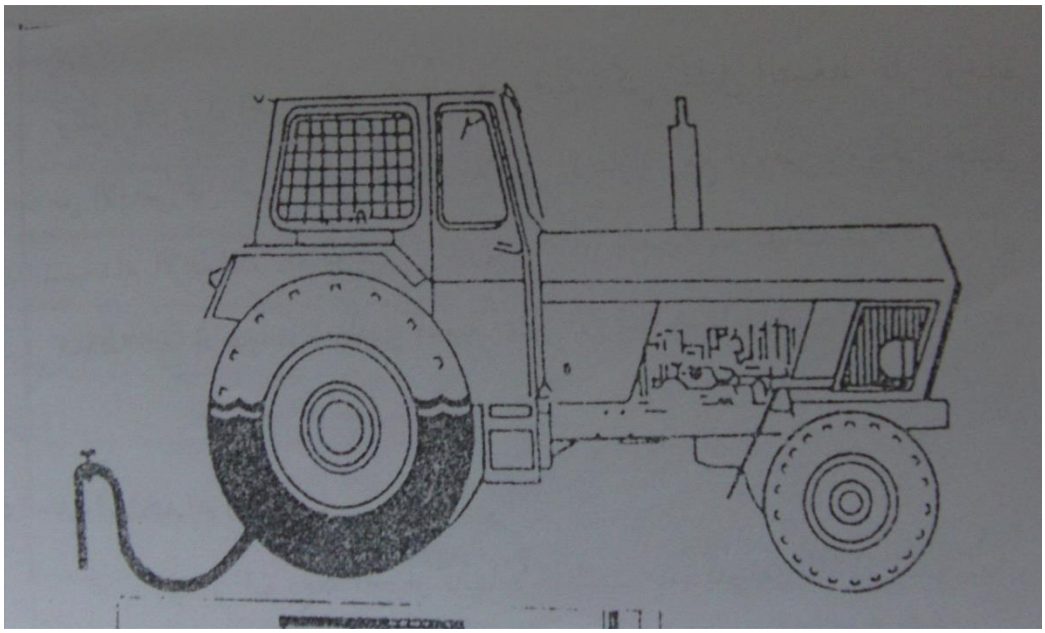
5- ارتفاع ذراع الشد (التوصيل): تزداد نسبة الانزلاق مع زيادة ارتفاع ذراع الشد عن سطح الأرض، وذلك نتيجة انخفاض تماسك الدواليب الخلفية الفعّالة مع الأرض.

6- مع زيادة قوة الشد المطبقة على ذراع الشد تزداد نسبة الانزلاق، وهذه الزيادة تحدث تدريجيا" في المرحلة الأولى لزياد قوة الشد ثم تزداد بعد ذلك زيادة مفاجئة كم هو مبين في الشكل أدناه، لذا ينصح عادة بعدم استخدام قوة شد كبيرة قد تؤدي إلى زيادة نسبة الانزلاق عن القيمة (δ = 15 %)



بما أنه يستحيل التخلص نهائيا" من الانزلاق فيمكن اتخاذ بعض التدابير التي تساهم في تخفيض نسبة الانزلاق، نذكر منها:

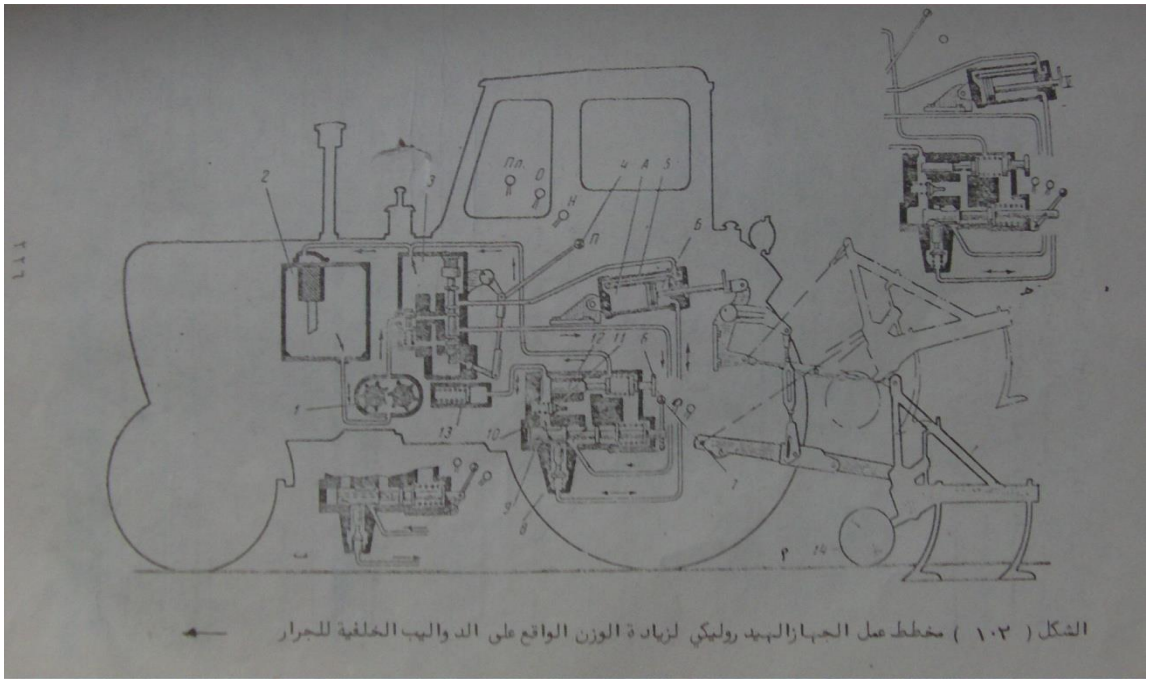
1- زيادة الوزن المطبق على الدواليب الخلفية الفعّالة، وذلك بإضافة أقراص ثقيلة من الحديد الصلب على كل عجلة، أو عن طريق ملء ثلاث أربع الحجم الداخلي الدواليب الخلفية بالماء.



2- تجهيز الدواليب الخلفية ببروزات أو أصابع حديدية أو سلاسل حديدية (جنازير) تحيط بالدولابين الخلفيين بقوة .

3- تخفيض ضغط الهواء داخل الدواليب الخلفية للجرار إلى أقل من (0,785 bar) , وهذا يسبب زيادة تشوه الدواليب وبالتالي زيادة مساحة التلامس مع الأرض , ولكن بعد الانتهاء من تنفيذ العمل الزراعي المطلوب لا بد من إعادة ضغط الهواء داخل الدواليب إلى الوضع الطبيعي .

4- باستخدام أجهزة إضافية خاصة تحول جزء من وزن المعدات الزراعية المربوطة بالجرار إلى الدواليب الخلفية دون أن يؤدي ذلك إلى إعاقة عمل المعدات الزراعية أو يؤثر على جودة تنفيذ العمل المطلوب، مثل الجهاز الهيدروليكي لزيادة الوزن المطبق على الدواليب الخلفية للجرار.



الشكل (١٠٣) مخطط عمل الجهاز الهيدروليكي لزيادة الوزن الواقع على الدواليب الخلفية للجرار

معادلة توازن الاستطاعة في الجرار:

الاستطاعة الفعلية التي يولدها المحرك (P_e) تنتقل عبر أجهزة التوصيل إلى الدواليب الخلفية الفعّالة , خلال ذلك تفقد جزء صغير من قيمتها نتيجة الاحتكاك ضمن تلك الأجهزة , ثم بعد ذلك تتوزع إلى استطاعات مختلفة للتغلب على مختلف المقاومات التي تنشأ نتيجة سير وعمل الجرار خلال تنفيذه لمختلف الأعمال الزراعية , مع إهمال بعض الاستطاعات الصغيرة مثل الاستطاعة اللازمة للتغلب على قوة مقاومة الهواء والاستطاعة اللازمة للتغلب على قوة العطالة , وبالتالي تصبح معادلة توازن الاستطاعة في الجرار بالشكل التالي :

$$P_e = P_d + P_f + P_m + P_\delta \mp P_i \quad [W], [hp] \qquad (80)$$

حيث: P_e الاستطاعة الفعلية (الفرملية) لمحرك الجرار [W] أو حصان بخاري [hp] ,

P_d الاستطاعة المصروفة على قوة الشد [W] أو حصان بخاري [hp] ,

P_f الاستطاعة المصروفة على سير الجرار [W] أو حصان بخاري [hp] ,

P_m الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل [W] أو حصان بخاري [hp] ,

P_δ الاستطاعة الضائعة نتيجة الانزلاق [W] أو حصان بخاري [hp] ,

P_i الاستطاعة المصروفة للتغلب على ميلان الطريق [W] أو حصان بخاري [hp] ,

الاستطاعة الفعلية (الفرملية) لمحرك الجرار (P_e) :

وهي تعطى كأحد مواصفات المحرك في بيانات وقيود الجرار، كما يمكن حسابها من العلاقة السابقة (44) بدلالة الضغط المتوسط وحجم الشوط كما يمكن حسابها بدلالة العمل الفعلي (We) وفق العلاقة التالية:

$$P_e = p_{me}.V_s\frac{n.N}{120} = \frac{W_e.n.N}{120} \quad [W] \qquad (81)$$

كما يمكن حساب هذه الاستطاعة اعتمادا" سرعة الجرار والقوة المماسية وفق العلاقة التالية:

$$P_e = \frac{F_k.V_t}{3{,}6.\eta_{ma}} \quad [W] \qquad (82)$$

حيث الحد (3,6) هو لتحويل واحدة السرعة من (km /h) إلى (m /s) {حيث نضرب بألف لتحويل الكيلومتر إلى المتر ثم نقسم على (3600) *لتحويل* الساعة إلى ثانية}.

الاستطاعة المصروفة على قوة الشد (الجر) (P_d):

تحسب هذه الاستطاعة بالعلاقة التالية:

$$P_d = \frac{F_d.V_p}{3{,}6} \quad [W] \qquad (83)$$

تعتبر هذه الاستطاعة هي الاستطاعة الإنتاجية للجرار، لذا من المفيد أن تكون قيمتها كبيرة ولكن من المعادلة السابقة نلاحظ أن زيادة قيمة هذه الاستطاعة يتعلق بزيادة سرعة الجرار وكذلك بزيادة قوة الشد. ولكن زيادة قوة الشد ستؤدي إلى زيادة نسبة انزلاق الدواليب الخلفية وهذا بحد ذاته يعتبر ضياع إضافي للاستطاعة. كما أن زيادة سرعة الجرار عن حد معين يؤثر على فعالية عمله وتسبب صعوبات خلال تنفيذ الأعمال الزراعية، مثل زيادة ارتجاج الجرار والآلة الزراعية المجرورة وهذا يؤثر على جودة العمل، كما أن زيادة السرعة تؤدي إلى تخفيض قوة الشد مما يمنع الجرار من جر المحاريث الكبيرة نسبيا"، لذا يجب اختيار السرعة وقوة الشد الملائمة لطبيعة العمل المراد تنفيذه. والجدول التالي يعطي قيم السرع المناسبة لطبيعة العمل الزراعي.

العملية الزراعية	السرعة [km / h]
الفلاحة بمحراث عادي	4 – 7,5
عملية التنعيم (الفلاحة السطحية) بواسطة الأمشاط القرصية	6 – 10
عملية التنعيم بواسطة الأمشاط ذات الأسنان	3,5 – 8
عملية التمشيط الكولتيفاتور	6 – 6,5
تحضير التربة بواسطة الأمشاط القرصية	6 – 10
عملية البذار	5 – 12
نقل السماد العضوي	6 – 9
عملية التمشيط الكولتيفاتور بين خطوط الذرة العلفية وغيرها	4 – 9
عملية تكسير الطبقات العليا للتربة بين الخطوط	5 – 10
عملية جمع الذرة العلفية	4 – 8
عملية جمع الأعشاب العلفية	5 – 7
عملية التخطيط	5 – 9

يحسب مردود الشد (الجر) النافع للجرار بالعلاقة التالية:

$$\eta_d = \frac{P_d}{P_e} \quad [\%] \qquad (84)$$

كلما زادة قيمة هذا المردود خلال تنفيذ الأعمال الزراعية كان الجرار أكثر فعالية في عمله و وتختلف قيمته باختلاف العمل المنفذ وطبيعة الأرض , وقيمته كبير نسبيا" خلال الفلاحة وأصغر خلال عمليات النقل .

الاستطاعة المصروفة على سير الجرار (P_f):

عندما يسير الجرار على الأرض تظهر قوة مقاومة الأرض لدوران الدواليب (لسير الجرار)، لذا لا بد من صرف جزء من استطاعة المحرك للتغلب على هذه القوة المقاومة، تحسب هذه الاستطاعة بالعلاقة التالية:

$$P_f = \frac{F_f . V_p}{3,6} \qquad [W] \qquad (85)$$

الاستطاعة الضائعة نتيجة الانزلاق (P_δ):

عند حدوث الانزلاق يفقد الجرار بعض من سرعته وبالتالي جزء من استطاعته، وتحسب هذه الاستطاعة الضائعة بالانزلاق بالعلاقة التالية:

$$P_\delta = \frac{F_k (V_t - V_p)}{3,6} \quad [W] \qquad (86)$$

كما يمكن حساب الاستطاعة الضائعة بالانزلاق وفق العلاقتين التاليتين:

$$P_\delta = P_e . \eta_{ma} . \delta \quad [W] \qquad (87)$$

$$P_\delta = P_k . \delta \quad [W] \qquad (88)$$

حيث: P_k *الاستطاعة* المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة في الجرار

الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل (P_m):

أثناء انتقال الاستطاعة من محرك الجرار إلى الدواليب الخلفية الفعّالة تفقد جزء منها ضمن أجهزة التوصيل نتيجة الاحتكاك , تحسب قيمة الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل بالعلاقة التالية :

$$P_m = P_e - P_k \quad [W] \qquad (89)$$

الاستطاعة المصروفة للتغلب على ميلان الطريق (P_i):

عندما يكون الطريق الذي يسير عليه الجرار مائل على الأفق بزاوية تظهر قوة مقاومة ناتجة عن هذا الميل وهي كما ذكرنا سابقا" قد تكون دافعة وتساعد الجرار على السير (حالة الهبوط) أو معيقة تقاوم تقدمه (حالة الصعود)، وبالتالي لا بد من صرف جزء من استطاعة المحرك للتغلب على تلك الاستطاعة المعيقة أو يضاف ذلك الجزء إلى استطاعة المحرك في حال كونها مساعدة , وتحسب تلك الاستطاعة بالعلاقة التالية :

$$P_i = \frac{F_i . V_p}{3,6} \quad [W] \qquad (90)$$

الاستطاعة المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة للجرار (P_k) :

عندما يسير الجرار على طريق مائلة وبسرعة منتظمة وثابتة فإن معادلة توازن الاستطاعة تتمثل بالعلاقة السابقة (90). ولكن الاستطاعة المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة للجرار، التي هي أقل من الاستطاعة الفعلية للمحرك تحسب وفق العلاقة التالية:

$$P_k = P_e - P_m = P_e . \eta_{ma} \quad [W] \qquad (91)$$

$$P_k = \frac{F_k . V_t}{3,6} \quad [W] \tag{92}$$

وبالتالي تصبح معادلة توازن الاستطاعة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة للجرار بالشكل:

$$P_k = P_d + P_f + P_\delta \mp P_i \quad [W] \tag{93}$$

إنتاجية الجرار (Z) :

إن معرفة مقدار العمل الذي ينفذه الجرار أو الآلة الزراعية خلال ساعة واحدة أو وحدة زمنية معينة، وهو ما يعرف بإنتاجية الجرار أو الآلة، تسمح لنا بمقارنة الجرارات أو الآلات مع بعضها البعض، كما أنها تتيح لنا معرفة الزمن اللازم لإنهاء عمل زراعي معين باستخدام هذا الجرار أو تلك الآلة، وهل نحتاج لاستخدام أكثر من جرار أو آلة لتنفيذ هذا العمل في الوقت المحدد. تتعلق إنتاجية الآلة الزراعية بطبيعة العمل ونوع الآلة. سوف نتطرق لحساب الإنتاجية في حالتين أساسيتين لعمل الجرار.

حالة الفلاحة أو التنعيم أو التمشيط أو البذار:

يتم حساب الإنتاجية النظرية للجرار خلال واحدة الزمن (ساعة) عند تنفيذه لأحد هذه الأعمال بدلالة سرعته الفعلية (V_p) والعرض الفعّال للآلة الزراعية المجرورة (B_m) *وفق* العلاقة التالية:

$$Z_t = 0,1 V_p . B_m \quad \left[\frac{hek}{h}\right] \tag{94}$$

وبالتالي الزمن الفعلي اللازم لتنفيذ العمل فقط يتعلق بمساحة (A) الحقل وانتاجية الجرار وفق العلاقة التالية:

$$t_p = \frac{A}{Z_t} \quad [h] \tag{95}$$

ولكن يجب أن نعلم أن الإنتاجية الفعلية للجرار هي أقل من إنتاجيته النظرية، لأن الجرار لا ينفذ العمل طوال الوقت، بل يحتاج لبعض الوقت لتهيئة الآلة، وللدوران في نهاية كل خط (الحقل)، وغيرها من العمليات التي تحتاج لبعض الوقت، وبالتالي يكون الزمن الكلي لتنفيذ الأعمال أكبر من الزمن الفعلي ويرتبط بمردود الزمن وفق العلاقة التالية:

$$t = \frac{t_p}{\eta_t} \tag{96}$$

بدمج العلاقتين (95) و(96) نحصل على العلاقة التالية:

$$t = \frac{t_p}{\eta_t} = \frac{\frac{A}{Z_t}}{\eta_t} = \frac{A}{Z_t . \eta_t} \tag{97}$$

وبالتالي فإن الإنتاجية الفعلية للجرار خلال واحدة الزمن (ساعة) تحسب بالعلاقة التالية:

$$Z_p = 0.1 V_p . B_m . \eta_\tau \quad \left[\frac{hek}{h}\right] \tag{98}$$

حيث: η_t مردود الزمن ويتعلق بعوامل عديدة ويعطى بالجدول التالي حسب طول الأرض :

طول الحقل (m)	مردود الزمن (%)	طول الحقل (m)	مردود الزمن (%)
حتى 150	58,2	401 – 600	83
151 – 200	66,6	601 – 1000	85,8
201 – 300	74	أكثر من 1000	88,6
301 – 400	80,1		

كما يمكن حساب قيمة مردود الزمن بالعلاقة التالية:

$$\eta_\tau = \frac{Z_p}{Z_t} = \frac{t_p}{t} \quad [\%] \tag{99}$$

حيث: t_p الزمن الفعلي لتنفيذ العمل (h)

t الزمن الكلي للعمل (h)

حالة النقل (جر مقطورة):

يتم حساب الإنتاجية النظرية للجرار خلال عملية النقل بالعلاقة التالية:

$$Z_t = m_{ta}.V_p \qquad \left[\frac{Ton.km}{h}\right] \qquad (100)$$

m_{ta} وزن الحمولة فقط (Ton)

أما الإنتاجية الفعلية في حالة النقل فهي تتعلق بزمن التحميل وزمن التفريغ للمواد المنقولة بالمقطورة، وهذا يختلف باختلاف المواد المنقولة وطريقة تحميلها وتفريغها وعدد المرات اللازمة للنقل، لذلك لا يمكن حسابها وفق معادلة محددة كما هو الحال لدى تنفيذ الأعمال الزراعية الأخرى.

حالة الحصاد:

سواء باستخدام الجرار الذي يجر معدات الحصاد والدراسة، أو باستخدام الحصادة الدراسة (الجرار ذو المهام الخاصة)، فإن الإنتاجية النظرية لعملية الحصاد تتعلق بإنتاجية الهكتار الواحد من الحقل (m_h) (كمية المحصول) والزمن الفعلي اللازم لتنفيذ عملية الحصاد فقط للهكتار الواحد (t_{ph}) تعطى بالعلاقة التالية:

$$Z_t = \frac{m_h}{t_{ph}} \qquad \left[\frac{Ton}{h}\right] \qquad (101)$$

أما الإنتاجية الفعلية في هذه الحالة فهي تختلف عن الإنتاجية النظرية بسبب اختلاف الزمن الفعلي الكلي اللازم لتنفيذ عملية حصاد الهكتار الواحد (t_h) عن الزمن (t_{ph}) حيث أن الزمن الكلي أكبر من الزمن الفعلي اللازم لتنفيذ عملية الحصاد فقط كون الحصادة يجب أن تغير مسارها في نهاية كل خط عمل وتعطى بالعلاقة التالية:

$$Z_p = \frac{m_h}{t_h} \qquad \left[\frac{Ton}{h}\right] \qquad (102)$$

استهلاك الوقود (m_f):

نعتمد مقدار الإنتاجية الفعلية للجرار أو الآلة الزراعية كمقياس للمقارنة فيما بينها، ولكن تلك القيمة لا تعطي مؤشر عن مدى اقتصادية عمل هذه الآلة أو تلك، لذلك سنعتمد مؤشر آخر يدل على مدى اقتصادية الآلات الزراعية خلال تنفيذها للأعمال المطلوبة وهو استهلاك الوقود. لقد تعرفنا سابقا" على الاستهلاك النوعي للوقود (S_{ce} kg/kW.h) الذي يعتبر مؤشر دقيق على مدى اقتصادية الآلة خلال تنفيذها للعمل المطلوب ، ولكن هذا المؤشر يصعب على الأشخاص العاديين فهمه , لذا سوف نعتمد مؤشر آخر هو الاستهلاك الساعي للوقود , والذي من السهل حسابه عمليا" و حيث يتم ملء خزان الوقود بكامل سعته ثم تقوم الآلة بتنفيذ العمل المطلب خلال عدد معين من الساعات وبعد ذلك يعاد ملء خزان الوقود , بعد ذلك يتم تقسيم كمية الوقود المضافة على عدد ساعات العمل فنحصل على كمية الوقود المستهلك خلال ساعة واحدة لعمل تلك الآلة . كما يمكن حساب الاستهلاك الساعي للوقود وفق العلاقة التالية:

$$\mathrm{m_f} = S_{ce}.\mathrm{P}_e \qquad \left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{h}}\right] \qquad (103)$$

حيث: m_f الاستهلاك الساعي للوقود (kg / h)

S_{ce} الاستهلاك النوعي للوقود (kg / kW.h)

P_e الاستطاعة الفعلية للمحرك (kW)

مسألة (19):

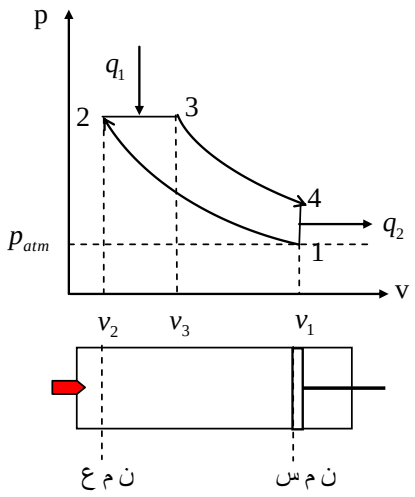
محرك ديزل رباعي الشوط سداسي الاسطوانات (n = 6) يعمل ضمن الشروط التالية:

$T_1 = 300\ K, T_2 = 900\ K, T_3 = 1520\ K, T_4 = 625\ K, C_v = 0{,}718\ k\ J/kg.K, C_p = 1{,}005\ k\ J/kg.K$

عدد دوراته (N = 2000 r.p.m) ومردوده الميكانيكي ($\eta_m = 0{,}85$) بعد رسم الدارة المطلوب حساب :

1- العمل خلال كل عملية
2- العمل المفيد في الدارة
3- كمية الحرارة المقدمة في الدارة (q_1)
4- كمية الحرارة المنبوذة من الدارة (q_2)
5- المردود الترموديناميكي للدارة (η_T)
6- المردود الفعلي للمحرك (η_e)
7- الاستطاعة الفعلية للمحرك (P_e hp) إذا كانت قيمة العمل الفعلي ($W_e = 515{,}2$ J)
8- كمية الأوكسجين اللازمة لحرق الوقود الذي رمزه الكيميائي ($C_8 H_{12}$) وكمية الهواء الفعلية اللازمة إذا كانت قيمة عامل زيادة الهواء ($\lambda = 1{,}3$)
9- القيمة الحرارية للوقود (H_v) إذا كانت الكتلة الجزيئية للكربون (C) وقيمته الحرارية هي (Hv = 33000 k J/kg$_f$, η_c = 12 kg/kmol) والكتلة الجزيئية للهيدروجين (H_2) وقيمته الحرارية هي ($H_v = 120000$ k H_2/kg$_f$, $\eta_{H2} = 2$ kg/kmol)
10- الاستهلاك النوعي للوقود (S_{ce}) والاستهلاك الساعي للوقود (m_f)
11- عزم الدوران المطبق على الحدافة
12- عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية للجرار الموجود فيه هذا المحرك إذا معامل التصغير (i_m=60) والمردود الميكانيكي لأجهزة التوصيل ($\eta_{ma} = 0{,}9$)
13- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة، إذا كان نصف القطر الديناميكي للدولاب الخلفي (r_k=80 cm)
14- السرعة النظرية للجرار
15- السرعة الفعلية للجرار , إذا كانت نسبة الانزلاق ($\delta = 5$ %)
16- الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل
17- الاستطاعة المطبقة على الدواليب الخلفية.

الحل:



$$r = C_p - C_v = 1{,}005 - 0{,}718 = 0{,}287\ \frac{k\,J}{kg.K}$$

العمل خلال كل عملية:

العملية 1-2 $\quad \mathrm{w}_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(300 - 900) = -430{,}8\ \frac{k\,J}{kg}$

العملية 2-3 $\quad \mathrm{w}_{2-3} = r(T_3 - T_2) = 0{,}287(1520 - 900) = 177{,}94\ \frac{k\,J}{kg}$

العملية 3-4 $\quad \mathrm{w}_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1520 - 625) = 642{,}61\ \frac{k\,J}{Kg}$

العملية 4-1 $\quad w_{4-1} = 0$

العمل المفيد في الدارة:

$$\mathrm{w_u} = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -430{,}8 + 177{,}94 + 642{,}61 = 389{,}75\,\frac{k\,J}{kg}$$

كمية الحرارة المقدمة: $\quad \mathrm{q}_1 = q_{2-3} = C_v(T_3 - T_2) = 1{,}005(1520 - 900) = 623{,}1\ \frac{k\,J}{kg}$

كمية الحرارة المنبوذة: $\quad \mathrm{q}_2 = |q_{4-1}| = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(625 - 300) = 233{,}35\ \frac{k\,J}{kg}$

للتأكد من قيمة العمل المفيد $\quad \mathrm{w_u} = q_1 - q_2 = 623{,}1 - 233{,}35 = 389{,}75\ \frac{k\,J}{kg}$

المردود الترموديناميكي $\quad \eta_T = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{233{,}35}{623{,}1} = 0{,}6255$

المردود الفعلي للمحرك $\quad \eta_\mathrm{e} = \eta_T \times \eta_m = 0{,}6255 \times 0{,}85 = 0{,}5317$

الاستطاعة الفعلية لمحرك تحسب من العلاقة التالية:

$$\mathrm{P_e} = \frac{W_e.N.n}{120} = \frac{515{,}2\times2000\times6}{120} = 51520\,W = \frac{51520}{736} = 70\ hp$$

كمية الأوكسجين اللازمة لحرق الوقود:

$$m_{O_2} = \frac{32\left(x-\frac{y}{4}\right)}{12.x+y} = \frac{32(8+3)}{12\times8+12} = 3{,}26\ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$$

كمية الهواء الفعلية اللازمة:

$$A = \lambda.A_\mathrm{a} = \lambda\frac{\mathrm{m_{O2}}}{0{,}232} = 1{,}3\frac{3{,}26}{0{,}232} = 18{,}267\quad \left[\frac{\mathrm{kg_a}}{\mathrm{kg_f}}\right]$$

الكتلة الجزيئية للوقود $\quad \mathrm{H_v} = 12\times8+12 = 108\ \frac{kg}{kmol}$

$$\frac{\mathrm{H_{vc}}.x.\mathrm{m}_c}{12x+y} + \frac{H_{v_{H2O}}.\frac{y}{2}.\mathrm{m}_{H2O}}{12x+y} = \frac{3300\times8\times12}{12\times8+12} + \frac{120000\frac{12}{2}2}{12\times8+12} = 42666{,}666\quad \left[\frac{k\,J}{kg_f}\right]$$

الاستهلاك النوعي للوقود:

$$\mathrm{S}_{ce} = \frac{3600}{\mathrm{H_v}.\eta_e.} = \frac{3600}{42666{,}666\times0{,}5317} = 0{,}1587\quad \left[\frac{kg}{kW.h}\right]$$

الاستهلاك الساعي للوقود:

$$\mathrm{m_f} = \mathrm{P_e}.\mathrm{S}_{ce} = 51{,}52\times0{,}1587 = 8{,}1762\quad \left[\frac{\mathrm{kg}}{h}\right]$$

عزم الدوران المطبق على الحدافة:

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{51520}{2000} = 246{,}01 \quad [J]$$

عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية للجرار الموجود فيه هذا المحرك:

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 246{,}01 \times 60 \times 0{,}9 = 13284{,}54 \quad [J]$$

القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية:

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{13284{,}54}{0{,}8} = 16605{,}675 \quad [N]$$

السرعة النظرية للجرار:

$$V_t = \frac{2\pi.r_k.N.60}{1000 i_m} = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}8\times 2000}{60} = 10{,}0533 \quad \left[\frac{km}{h}\right]$$

السرعة الفعلية للجرار: $\delta = \frac{V_t - V_p}{V_t} \rightarrow \delta.V_t = V_t - V_t \rightarrow V_p = V_t(1-\delta)$

$$V_p = V_t(1-\delta) = 10{,}0533(1-0{,}05) = 9{,}551 \quad \left[\frac{km}{h}\right]$$

الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل:

$$P_m = P_e(1-\eta_{ma}) = 70(1-0.9) = 7 \quad [hp]$$

الاستطاعة على الدواليب الخلفية:

$$P_k = P_e - P_m = 70 - 7 = 63 \quad [hp]$$

أو $P_k = P_e.\eta_{ma} = 70 \times 0{,}9 = 63 \quad [hp\ ]$

أو $P_k = \frac{F_k.V_t}{3{,}6} = \frac{16605{,}675\times 10{,}0533}{3{,}6} = 63.02 \quad [hp]$

مسألة (20):

يجر جرار محراث حفار له عشرة أسلحة حيث عرض الفلاحة الفعّال لكل سلاح (40 cm) *وعمق الفلاحة* (25 cm) ما هي قيمة قوة الجر اللازمة لتنفيذ أعمال الفلاحة للأرض في حال كانت:

- الأرض خفيفة (رملية)
- الأرض ثقيلة (ذات طين كثير)

ما هي قيمة قوة الشد في حالة التمشيط بالأمشاط القرصية ذات العرض الفعّال (5 m) والمقاومة النوعية المترية (K_m=1120 N/m)

الحل:

قوة الجر (الشد) تحسب من العلاقة: $F_d = K_p.T_p.b_p.n$

بالعودة إلى الجدول الذي يعطي قيمة المقاومة النوعية للتربة نجد أن لها قيمتين صغرى وكبرى، ولعدم تحديد قيمة المقاومة في النص نختار القيمة الكبرى في الحسابات، وبالتالي نجد أن قيمة المقاومة النوعية للتربة الخفيفة هي (34300 N / m^2) *والتربة* الثقيلة (78500 N / m^2) نعوض القيم في العلاقة السابقة

$$F_d = 34300 \times 0{,}25 \times 0{,}4 \times 10 = 34300 \quad [N]$$

$$F_d = 78500 \times 0{,}25 \times 0{,}4 \times 10 = 78500 \quad [N]$$

$$F_d = K_m.B_m = 1120 \times 5 = 5600 \quad [N]$$

مسالة (21):

جرار وزنه ($m = 2,345$ Ton) مجهز بمحرك ديزل استطاعته ($P_e = 70$ hp) وعدد دوراته القصوى ($N = 2000$ r.p.m) , مردود أجهزة التوصيل ($\eta_{ma} = 90$ %) , معامل التصغير ($i_m = 60$) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية الفعّالة ($r_k = 70$ cm), معامل الانزلاق ($\delta = 10$ %) ومردود الزمن ($\eta_T = 80$ %) و الاستهلاك النوعي للوقود ($S_{ce} = 150$ gr / hp.h) :

1- هل يستطيع هذا الجرار أن يفلح أرض متوسطة باستخدام محراث مطرحي ذي أربعة أسلحة، أذا علمت أن عمق الفلاحة ($T_p = 25$ cm) والعرض الفلاحة الفعّال لكل سلاح ($b_p = 30$ cm).

2- ما هو الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها التي يستطيع هذا الجرار شدها على أرض أفقية محصودة.

3- ما هو الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها التي يستطيع الجرار أن يشدها صعودا"على أرض محصودة ومائلة على الأفق بزاوية ($\alpha = 10^{\circ}$).

4- ما هو الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها التي يستطيع الجرار أن يشدها هبوطا"على أرض محصودة ومائلة على الأفق بزاوية ($\alpha = 10^{\circ}$).

5- ما هي سرعة الجرار النظرية والفعلية.

6- مقدار الاستطاعة المطبقة على الدواليب الخلفية الفعّالة.

7- مقدار الاستطاعة اللازمة لجر المحراث.

8- مقدر الاستطاعة الضائعة على مقاومة الأرض لسير الجرار.

9- مقدار الاستطاعة الضائعة بالانزلاق.

10- مقدار استطاعة الجر الفعلية خلال عملية الفلاحة.

11- الإنتاجية النظرية والفعلية للجرار.

12- الزمن اللازم لفلاحة أرض مساحتها (50 hek) وزمن الفلاحة الفعلي.

13- الاستهلاك الساعي للوقود والمصروف الكلي للوقود اللازم لتنفيذ العمل.

الحل:

قوة ثقل الجرار تحسب بالعلاقة $G = m.g = 2345 \times 9,81 = 23004,45$ N

استطاعة المحرك تحسب بالعلاقة $P_e = 70 \times 736 = 51520$ W

1- للإجابة على هذا السؤال نحسب قيمة قوة الدفع اللازمة للتغلب على مختلف المقاومات التي تواجه سير الجرار خلال تنفيذه لعملية الفلاحة، ثم نقارنها بالقوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية فإذا كانت القوة المماسية أكبر من قوة الدفع كان الجرار قادرا" على تنفيذ العمل وفي حلة العكس يكون الجرار عاجزا" عن تنفيذ العمل. من جدول المقاومة النوعية نختار القيمة الأكبر وهي (K_p=54000 N/m^2)

من جدول معامل مقاومة الطريق لسير الجرار نختار القيمة الأكبر (f = 10 %).

$$F_{k'} = F_d + F_f$$

$$F_d = K_p . T_p . b_p . n = 54000 \times 0,25 \times 0,3 \times 4 = 16200 \quad N$$

$$F_f = G . f = 23004,45 \times 0\ 1 = 2300,445 \quad N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 16200 + 2300,445 = 18500,445 \quad N$$

نحسب عزم الدوران المطبق على الحدافة:

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{51520}{2000} = 246{,}01 \quad J$$

نحسب الآن عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية:

$$M_k = M_e.\, i_m.\, \eta_{ma} = 246{,}01 \times 60 \times 0{,}9 = 13284{,}54 \quad J$$

نحسب الآن قيمة القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية ونقارنها مع قيمة قوة الدفع اللازمة،

$$F_k = \frac{M_k}{i_m} = \frac{13284{,}54}{0{,}7} = 18977{,}914 \quad N$$

نلاحظ أن قيمة القوة المماسية أكبر من قيمة قوة الدفع اللازمة لفلاحة الأرض، الإجابة على السؤال هي نعم وبالتالي هذا الجرار قادر على القيام بالعمل المطلوب منه.

2- لحساب الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها نعتبر أن القوة المماسية تمثل قوة الدفع اللازمة للتغلب على المقاومات المختلفة ومن خلال ذلك نحسب الوزن الأقصى.

$$F_k = F_d + F_f = G_t.\, f + G.\, f = f(G_t + G) \rightarrow G_t = \frac{F_k}{f} - G$$

$$G_t = \frac{F_k}{f} - G = \frac{18977{,}914}{0{,}1} - 23004{,}45 = 166774{,}69 \quad N$$

$$m_t = \frac{G_t}{9{,}81} = \frac{166774{,}69}{9{,}81} = 17000{,}478 \ \ kg = 17 \ \text{Ton}$$

3- $$F_k = F_d + F_f + F_i = f.\, G_t \cos\alpha + G_t \sin\alpha + f.\, G\cos\alpha + G.\, \sin\alpha$$

$$F_k = (G_t + G)(f.\cos\alpha + \sin\alpha) \rightarrow G_t = \frac{F_k}{(f.\cos\alpha + \sin\alpha)} - G$$

$$G_t = \frac{18977{,}914}{0{,}1.\cos 10 + \sin 10} - 23004{,}45 = 46734{,}23 \ N$$

$$m_t = \frac{G_t}{9{,}81} = \frac{46734{,}23}{9{,}81} = 4763{,}94 \ \ kg = 4{,}764 \ \ Ton$$

4- في حالة الهبوط تصبح قيمة قوة الدفع سلبية، وللمحافظة على توازن الجرار يجب ألا تتجاوز قيمتها المطلقة قيمة القوة المماسية، كي لا يندفع الجرار بسرعة في هبوطه ولا ينقلب في حال الفرملة،

$$F_k = F_d + F_f - F_i = f.\, G_t.\cos\alpha - G_t.\sin\alpha + f.\, G.\cos\alpha - G.\sin\alpha$$

$$G_t = \frac{-F_k}{(f.\cos\alpha - \sin\alpha)} - G = \frac{-18977{,}914}{(0{,}1.\cos 10 - \sin 10)} - 23004{,}45 = 229470{,}87 \quad N$$

$$m_t = \frac{G_t}{9{,}81} = \frac{229470{,}87}{9{,}81} = 23391{,}53 \ \ kg \approx 23{,}4 \ \ Ton$$

5- تحسب السرعة النظرية للجرار بدلالة نصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية وعدد دورات المحرك ونسبة التصغير

$$V_t = \frac{2\pi.\, r_k.\, N.\, 60}{1000.\, i_m} = 0{,}377\frac{r_k.\, N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}7 \times 2000}{60} = 8{,}8 \ \ \frac{km}{h}$$

$$V_P = V_T(1 - \delta) = 8{,}8(1 - 0{,}1) = 7{,}92 \ \ \frac{km}{h}$$

6- $$P_k = \frac{F_k.V_t}{3{,}6} = \frac{18977{,}914 \times 8{,}8}{3{,}6} = 46390{,}46 \ W = \frac{46390{,}46}{736} = 63{,}031 \ hp$$

$$P_d = \frac{F_d.V_p}{3,6} = \frac{16200\times7,92}{3,6} = 35640 \quad W = \frac{35640}{736} = 48,424 \quad hp \qquad -7$$

$$P_f = \frac{F_f.V_p}{3,6} = \frac{2300,445\times7,92}{3,6} = 5060,98 \quad W = \frac{5060,98}{736} = 6,876 \quad hp \qquad -8$$

$$P_\delta = \frac{F_k(V_t-V_p)}{3,6} = \frac{18977,914(8,8-7,92)}{3,6} = 4639,046 \quad W = \frac{4639,046}{736} = 6,303 \quad hp \qquad -9$$

$$P_{k'} = P_d + P_f + P_\delta = 48,424 + 6,876 + 6,303 = 61,603 \quad hp \qquad -10$$

$$Z_t = 0,1.V_p.B_m = 0,1.V_p.n.b_m = 0,1\times7,92\times4\times0,3 = 0,9504 \quad \frac{hek}{hor} \qquad -11$$

$$Z_p = Z_t.\eta_T = 0,9504\times0,8 = 0,76032 \quad \frac{hek}{hor}$$

$$T = \frac{A}{Z_p} = \frac{50}{0,76032} = 65و762 = 65^{46} \text{ hor} \qquad -12$$

$$T_e = T.\eta_T = 65,762\times0,8 = 52,61 = 52^{37} \text{ hor}$$

$$m_f = S_{ce}.P_e = 0,15\times68,45 = 10,27 \quad \frac{kg}{h} \qquad -13$$

$$m_{f_{tot}} = m_f.T = 10,27\times65,62 = 673,92 \text{ kg} = \frac{673,92}{0,86} = 783,6 \quad l$$

مسألة (22) :

يراد حصاد حقل شعير مساحته (322 hek) , فإذا قدرت كمية الحب في الهكتار الواحد ب(2,4 Ton) وكانت إنتاجية الحصادة الواحدة (Z_p = 8,1 Ton / h) المطلوب حساب :

1- الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد .

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل .

3- عدد الحصادات اللازمة لحصاد الحقل في يوم واحد إذا كانت مدة عمل الحصادة في اليوم (12 h)

الحل :

1- الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد يساوي كمية الحب على إنتاجية الحصادة

$$Z_p = \frac{m_h}{t_h} \Rightarrow t_h = \frac{m_h}{Z_p} = \frac{2,4}{8,1} = 0,2963 \approx 0,3 \quad \frac{h}{hek}$$

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل :

$$T_{tot} = A.T_h = 322\times0,3 = 96,6 \quad h$$

3- عدد الحصادات اللازمة يساوي زمن حصاد الحقل تقسيم عدد ساعات العمل اليومي للحصادة الواحدة :

$$\frac{96,6}{12} = 8,05 \approx 8$$

في حال تم الحصاد بحصادة واحدة فهي سوف تحتاج إلى ثمانية أيام لحصاد كل الحقل .

مسألة (23): الدورة الإضافية : 2012 – 2013

جرار زراعي وزنه (3 Ton) واستطاعة محركه (100 hp) , عدد دوراته القصوى (1800 r.p.m) معامل التصغير لأجهزة التوصيل (50) , ومردود أجهزة التوصيل (88 %) , نصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية (80 cm) . يسير هذا الجرار صاعدا على أرض ترابية جافة تميل على الأفق بزاوية (8°) , جارا" خلفه مقطورة وزنها مع الحمولة (6 Ton) علما" أن وزنها فارغة هو (1,5 Ton) , نسبة الانزلاق

(5 %) معامل مقاومة الأرض لسير الجرار والمقطورة (4 %) المطلوب حساب :

1- السرعة النظرية لسير الجرار مع المقطورة .

2- السرعة الفعلية لسير الجرار مع المقطورة .

3- قوة الشد خلال جر المقطورة .

4- قوة الدفع في هذه الحالة .

5- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية .

6- الاستطاعة المطبقة على الدواليب الخلفية .

7- الاستطاعة اللازمة لجر المقطورة .

8- الاستطاعة الفعلية المستهلكة في هذه الحالة .

9- الاستطاعة الضائعة على الانزلاق .

10- الاستطاعة الضائعة في أجهزة التوصيل .

11- عزم الدوران على الحدافة عند قيمة الاستطاعة الفعلية المستهلكة .

12- أكبر سرعة يستطيع أي يسير الجار بها مع حمولته .

13- الإنتاجية النظرية للجرار خلال عملية النقل .

14- الإنتاجية الفعلية للجرار خلال عملية النقل إذا كان مردود الزمن (60 %)

15- الاستهلاك الساعي للوقود إذا كان الاستهلاك النوعي للوقود (170 gr /kW.h) .

الحل :

-1 $$V_t = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0.377\frac{(0{,}8\times1800)}{50} = 10{,}86 \quad \frac{km}{h}$$

-2 $$V_p = V_t(1-\delta) = 10{,}86(1-0{,}05) = 10{,}32 \quad \frac{km}{h}$$

$$G_t = m_t.g = 6000\times9{,}81 = 58860 \quad N$$

-3 $$F_d = f.G_t.\cos\alpha + G_t.\sin\alpha = 0{,}04\times58860\cos 8 + 58860\times\sin 8 = 10523{,}22 \quad N$$

-4 $$F_{k\prime} = F_d + F_f + F_i$$

$$G = m.g = 3000\times9{,}81 = 29430 \quad N$$

$$F_f = f.G.\cos\alpha = 0{,}04\times29430.\cos 8 = 1165{,}75 \quad N$$

$$F_i = G.\sin\alpha = 29430\sin 8 = 4095{,}87 \quad N$$

$$F_{k\prime} = 10523{,}22 + 1165{,}75 + 4095{,}87 = 15784{,}84 \quad N$$

-5 $$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{100\times736}{1800} = 390{,}5 \quad J$$

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 390{,}5\times50\times0{,}88 = 17182 \quad J$$

$$F_K = \frac{M_k}{i_k} = \frac{17182}{0{,}8} = 21477{,}5 \quad N$$

-6 $$P_k = P_e\times\eta_{ma} = 100\times0.88 = 88 \quad hp$$

-7 $$P_d = \frac{F_d.V_p}{3{,}6} = \frac{10523{,}22\times10{,}32}{3{,}6} = 30166{,}57 \quad W = \frac{30166{,}57}{736} \approx 41 \quad hp$$

$$P_{k\prime} = \frac{F_{k\prime}.V_t}{3,6} = \frac{15784,84 \times 10,86}{3,6} = 47617,6 \quad W = \frac{47617,6}{736} \approx 64,7 \quad hp \qquad -8$$

$$P_\delta = P_{k\prime}.\delta = 64,7 \times 0,05 = 3,235 \quad hp \qquad -9$$

$$P_m = \frac{P_{k\prime}}{\eta_{ma}} - P_{k\prime} = P_{k\prime}\left(\frac{1}{\eta_{ma}} - 1\right) = 64,7\left(\frac{1}{0,88} - 1\right) = 8,823 \quad hp \qquad -10$$

$$P_{e\prime} = P_{k\prime} + P_m = 64,7 + 8,823 = 73,523 \ hp = 73,523 \times 736 = \qquad -11$$

$$54112,93 \ W$$

$$M_{e\prime} = 9,55\frac{P_{e\prime}}{N} = 9,55\frac{54112,93}{1800} = 287,1 \ J$$

$$V_{t_{max}} = \frac{P_e.3,6}{F_{k\prime}} = \frac{100 \times 736 \times 36}{15784,84} = 16,786 \quad \frac{km}{h} \qquad -12$$

$$K_n = \frac{m_{ta}}{m_n} = \frac{4,5}{9} = 0,5 \qquad -13$$

$$Z_t = m_n.V_p.K_n = 9 \times 10,32 \times 0,5 = 46,44 \quad \frac{T.km}{h}$$

$$Z_p = Z_t.\eta_T = 46,44 \times 0,6 = 27,864 \quad \frac{T.km}{h} \qquad -14$$

$$m_f = S_{ce}.P_{e\prime} = 170 \times 54,11293 = 9199,2 \quad \frac{gr}{h} \approx 9,2 \quad \frac{kg}{h} \qquad -15$$

مسالة (24): الفصل الثاني : 2012 – 2013

محرك يعمل وفق دارة أوتو حسب الشروط التالية : $T_1 = 300$ K , $T_2 = 689,5$ K , $T_3 = 2000$ K , $T_4 = 870$ K , $C_v = 0,718$ k J/kg.K , $C_p = 1,005$ k J/kg.K بعد الرسم على مخطط (p – v) المطلوب حساب :

1- العمل في كل عملية .

2 - العمل المفيد للدارة .

3- كمية الحرارة المقدمة في الدارة (q_1) .

4-كمية الحرارة المنبوذة من الدارة (q_2) .

5-المردود الترموديناميكي للدارة (η_t^{Ot}) .

6- كمية الحرارة المقدمة في دارة ديزل التي لها نفس الضغط ودرجة الحرارة الأعظمية لدارة أوتو ($T_{2\prime}$=934,5 K)

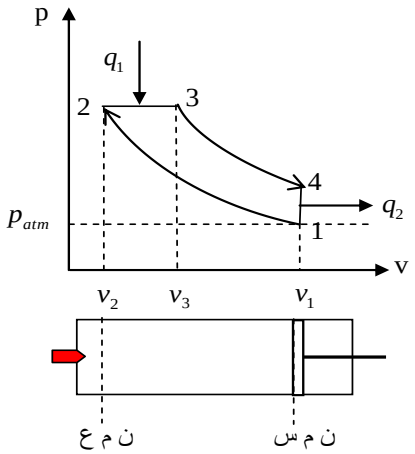
7- قارن بين قيمة المردودين .

الحل :

$$w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0,718(300 - 689,5) = -279,66 \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right] \ , \ w_{2\text{-}3} = 0$$

$$w_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0,718(2000 - 870) = 811,34 \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right] \ , \ w_{4\text{-}1} = 0$$

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -279,66 + 811,34 = 531,68 \quad \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$



$$q_1 = C_v(T_3 - T_2) = 0{,}718(2000 - 689{,}5) = 940{,}94 \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$q_2 = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(870 - 300) = 409{,}26 \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$\eta_t^{Ot} = \frac{w_u}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{409{,}26}{940.94} = 0{,}565 = 56{,}5 \ \%$$

$$q_1^d = C_p(T_3 - T_{2'}) = 1{,}005(2000 - 934{,}5) = 1070{,}83 \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$\eta_t^D = 1 - \frac{q_2}{q_1^d} = 1 - \frac{409{,}26}{1070{,}83} = 0.6178 = 61{,}78 \ \%$$

$$\eta_t^D > \eta_t^{Ot}$$

مسألة (25): الفصل الثاني : 2012 – 2013

جرار زراعي وزنه (m = 2,5 Ton) واستطاعته (P_e = 55200 W) وعدد دوراته في الدقيقة (N = 1500 r.p.m) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية (r_k = 75 cm) ومردود أجهزة التوصيل (η_{ma}= 90 %) وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل (i_m = 45) . المطلوب حساب :

1- عزم الدوران المطبق على حدافة المحرك

2-عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية .

3- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية .

4- الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية .

5-السرعة النظرية للجرار .

6-السرعة الفعلية للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق (δ = 8 %) .

7- ثقل الجرار

8- قوة مقاومة الأرض لسير الجرار إذا كانت قيمة معامل مقاومة الأرض (f = 12 %) .

9- قوة الجر المطبقة لجر آلة التمشيط .

10- الاستطاعة المصروفة على جر آلة التمشيط .

11- العرض الفعّال الأقصى لأسلحة التمشيط إذا كانت المقاومة النوعية المترية للتربة (K_m = 1000 N/m) .

12- الاستطاعة الضائعة نتيجة الانزلاق .

13- الإنتاجية النظرية للجرار خلال التمشيط .

14- الإنتاجية الفعلية للجرار إذا كان مردود الزمن ($\eta_T = 80\ \%$) .

15- الزمن اللازم لتمشيط حقل مساحته ($A = 111$ hek)

16- الاستهلاك الساعي للوقود إذا كانت قيمة الاستهلاك النوعي للوقود ($S_{ce} = 2.10^{-4}$ kg/W.h) .

17- كمية الوقود التي يصرفها الجرار خلال عملية تمشيط كامل الحقل .

الحل :

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{55200}{1500} = 351{,}44 \quad [J]$$

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 351{,}44 \times 45 \times 0{,}9 = 14233{,}32 \quad [J]$$

$$\mathrm{F_k} = \frac{M_k}{r_k} = \frac{14233{,}32}{0{,}75} = 18977{,}76 \quad [N]$$

$$P_k = P_e.\eta_{ma} = 55200 \times 0{,}9 = 49680 \quad [W]$$

$$\mathrm{V_t} = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}75\times1500}{45} = 9{,}425 \quad \frac{km}{h}$$

$$\mathrm{V_p} = V_t(1-\delta) = 9{,}425(1-0{,}08) = 8{,}671 \quad \frac{km}{h}$$

$$G = m.g = 2500 \times 9{,}81 = 24525 \quad [N]$$

$$\mathrm{F_f} = f.G = 0{,}12 \times 24525 = 2943 \quad (N)$$

$$\mathrm{P_f} = \frac{F_f.V_p}{3{,}6} = \frac{2943\times8{,}671}{3{,}6} = 7088{,}543 \quad [W]$$

$$\mathrm{F_k} = F_d + F_f \rightarrow F_d = F_k - F_f = 18977.76 - 2943 = 16034{,}76 \ [N]$$

$$\mathrm{P_d} = \frac{\mathrm{F_d.V_p}}{3{,}6} = \frac{16034{,}76\times8{,}671}{3{,}6} = 38621{,}5 \quad [\mathrm{W}]$$

$$\mathrm{F_d} = \mathrm{K_m}B_m \rightarrow \mathrm{B_m} = \frac{\mathrm{F_d}}{\mathrm{K_m}} = \frac{16034{,}76}{1000} = 16{,}03476 \approx 16 \quad [\mathrm{m}]$$

$$\mathrm{P_\delta} = \frac{\mathrm{F_k(V_t - V_p)}}{3{,}6} = \frac{18977{,}76(9{,}425-8{,}671)}{3{,}6} = 3974{,}79 \quad [\mathrm{W}]$$

$$\mathrm{Z_t} = 0{,}1.\mathrm{V_p}.\mathrm{B_m} = 0{,}1 \times 8{,}671 \times 16 = 13{,}874 \quad \left[\frac{\mathrm{hek}}{h}\right]$$

$$\mathrm{Z_p} = \mathrm{Z_t}.\eta_T = 13{,}874 \times 0{,}8 = 11{,}1 \quad \left[\frac{\mathrm{hek}}{\mathrm{h}}\right]$$

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{Z_p}} = \frac{111}{11{,}1} = 10 \quad [\mathrm{h}]$$

$$\mathrm{m_f} = \mathrm{S_{ce}}.\mathrm{P_e} = 2.10^{-4} \times 55200 = 11{,}04 \quad \left[\frac{\mathrm{kg}}{h}\right]$$

$$\mathrm{m_{f_{tot}}} = \mathrm{m_f}.\mathrm{T} = 11{,}04 \times 10 = 110{,}4 \quad [\mathrm{kg}]$$

مسألة (26): الدورة الإضافية : 2012 – 2013

وقود صيغته الكيميائية (C_8H_{14}) المطلوب حساب :

1- كمية الأوكسجين اللازمة لاحتراقه احتراقا" تاما" ,

2- كمية الهواء اللازمة لعملية الاحتراق التام ,

3- كمية الهواء اللازم تأمينها إذا كانت قيمة عامل زيادة الهواء ($\lambda = 1{,}3$) ,

4- القيمة الحرارية للوقود .($\mu_C = 12$kg/kmol ,$H_C = 33000$,$\mu_{H2} = 2$ kg/kmol , $H_{H2} = 120000$)

الحل :

$$\mathrm{m_{O_2}} = \frac{32X + 8Y}{12X + Y} = \frac{32 \times 8 + 8 \times 14}{12 \times 8 + 14} = 3{,}346 \ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$$

$$\mathrm{A_a} = \frac{m_{O_2}}{0{,}232} = \frac{3{,}346}{0{,}232} = 14{,}423 \quad \frac{kg_a}{kg_f}$$

$$A = A_a.\lambda = 14{,}423 \times 1{,}3 = 18{,}75 \quad \frac{kg_a}{kg_f}$$

$$\mathrm{M_C} = 12X = 12 \times 8 = 96 \quad \frac{kg_c}{kmol}$$

$$\mathrm{M_{H_2}} = 2 \times \frac{Y}{2} = 2 \times 7 = 14 \quad \frac{kg_{H_2}}{kmol}$$

$$M_f = M_C + M_{H_2} = 96 + 14 = 110 \quad \frac{kg_f}{kmol}$$

$$H_{V_f} = \frac{M_C.H_{V_C} + M_{H_2}.H_{V_{H_2}}}{M_f} = \frac{96 \times 33000 + 14 \times 120000}{110} = 44072{,}73 \quad \frac{k\,J}{kg_f}$$

مسألة *(27)*: الفصل الأول : 2013 – 2014

محرك يعمل وفق دارة ديزل ضمن شروط العمل التالية :

$P_1 = 1$ bar , $T_1 = 287$ K , $T_2 = 912$ K , $T_3 = 1452$ K , $T_4 = 578$ K

المطلوب حساب : 1- العمل الخارجي وكمية الحرارة المتبادلة في كل عملية ,

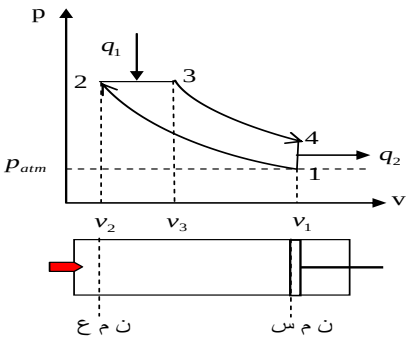
2- العمل المفيد لكامل الدارة ,

3-المردود الحراري للدارة .

4- قارن مردوده مع مردود دارة أوتو التي لها نفس درجة الحرارة والضغط الأعظمين .

اعتبر أن : $c_p = 1{,}005$ k J / kg.K , $c_v = 0{,}718$ k J / kg. K

الحل :



$$r = c_p - c_v = 1{,}005 - 0{,}718 = 0{,}287 \quad \frac{k\,J}{kg.K}$$

العملية (1-2) عملية انضغاط أديباتي : $q_{1\text{-}2} = 0$

$$\mathrm{w_{1-2}} = c_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(287 - 912) = -448{,}75 \frac{kJ}{kg}$$

العملية *(2-3)* عملية تقديم حرارة تحت ضغط ثابت :

$$\mathrm{w_{2-3}} = r(T_3 - T_2) = 0{,}287(1452 - 912) = 154{,}98 \frac{kJ}{kg}$$

$$q_1 = q_{3-2} = c_p(T_3 - T_2) = 1{,}005(1452 - 912) = 542{,}7 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (3-4) عملية تمدد أدباتي : $q_{3-4} = 0$

$$w_{3-4} = c_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1452 - 578) = 627{,}53 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (4-1) عملية نبذ الحرارة تحت حجم ثابت : $w_{4-1} = 0$

$$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(578 - 287) = 208{,}94 \ \frac{kJ}{kg}$$

العمل المفيد لكامل الدارة :

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -448{,}75 + 154{,}98 + 627{,}53 = 333{,}76 \ \frac{kJ}{kg}$$

أو : $$w_u = q_1 - q_2 = 542{,}7 - 208{,}94 = 333{,}76 \ \frac{kJ}{kg}$$

المردود الحراري (الترموديناميكي) للدارة :

$$\eta_t^d = \frac{w_u}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{208{,}94}{542{,}7} = 0{,}615 \rightarrow \eta_t^d = 61{,}5\ \%$$

النقاط المشتركة في كلا الدارتين هي (4-3-1) *وتختلفان في النقطتين* (2') (2) *لذا لا بد من حساب درجة الحرارة عند النقطة* (2') . *بما أن* ($v_1 = v_4$, $v_3 = v_{2'}$) *نجد أن :*

$$\frac{T_{2'}}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_{2'} = T_1\left(\frac{T_3}{T_4}\right) = 287\left(\frac{1452}{578}\right) = 721 \ K$$

إن قيمة ($q_2 = 208{,}94$ k J /kg) متساوية في كلا الدارتين بينما قيمة (q'_1) تختلف عن قيمة (q_1) لذا يجب حساب كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو :

$$q'_1 = c_v(T_3 - T_{2'}) = 0{,}718(1452 - 721) = 524{,}86 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q'_1} = 1 - \frac{208{,}94}{524{,}86} = 0.602 \rightarrow \eta_t^{ot} = 60{,}2\ \%$$

وبالتالي نجد أن : $$\eta_t^d > \eta_t^{ot}$$

مسألة (28): الفصل الأول : 2013 – 2014

جرار وزنه (m = 3,5 Ton) مجهز بمحرك ديزل استطاعته (P_e = 75 hp) وعدد دوراته القصوى (N = 1700 r.p.m) , مردود أجهزة التوصيل (η_{ma} = 90 %) , معامل التصغير (i_m = 65) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية الفعّالة (r_k = 70 cm) .

1- هل يستطيع هذا الجرار أن يفلح أرض متوسطة باستخدام محراث مطرحي ذي خمسة أسلحة , إذا علمت أن عمق الفلاحة (T_p = 30 cm) والعرض الفلاحة الفعّال لكل سلاح (b_p = 30 cm) .

2- ما هو الوزن الأقصى (Ton) للمقطورة مع حمولتها التي يستطيع هذا الجرار شدها على أرض أفقية محصودة

3- ما هو الوزن الأقصى (Ton) للمقطورة مع حمولتها التي يستطيع الجرار أن يشدها صعودا"على أرض محصودة ومائلة على الأفق بزاوية ($\alpha = 10^\circ$) .

اعتبر أن : (K_p=54000 N/m^2) و (f = 10 %)

الحل :

1- للإجابة على هذا السؤال نحسب قيمة قوة الدفع اللازمة للتغلب على مختلف المقاومات التي تواجه سير الجرار خلال تنفيذه لعملية الفلاحة , ثم نقارنها بالقوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية فإذا كانت القوة المماسية أكبر من قوة الدفع كان الجرار قادرا" على تنفيذ العمل وفي حالة العكس يكون الجرار عاجزا" عن تنفيذ العمل .

قوة ثقل الجرار تحسب بالعلاقة $G = m.g = 3500 \times 9,81 = 34335 \quad N$

$$F_{k'} = F_d + F_f$$

$$F_d = K_p.T_p.b_p.n = 54000 \times 0,3 \times 0,3 \times 5 = 24300 \ N$$

$$F_f = G.f = 34335 \times 0,1 = 3433,5 \ N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 24300 + 3433,5 = 27733,5 \quad N$$

استطاعة المحرك تحسب بالعلاقة $P_e = 75 \times 736 = 55200 \quad W$

نحسب عزم الدوران المطبق على الحدافة :

$$M_e = 9,55\frac{P_e}{N} = 9,55\frac{55200}{1700} = 310,1 \quad J$$

نحسب الآن عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية :

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 310,1 \times 65 \times 0,9 = 18140,85 \quad J$$

نحسب الآن قيمة القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية ونقارنها مع قيمة قوة الدفع اللازمة,

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{18140,85}{0,7} = 25915,5 \quad N$$

نلاحظ أن قيمة القوة المماسية أصغر من قيمة قوة الدفع اللازمة لفلاحة الأرض , الإجابة على السؤال هي كلا وبالتالي هذا الجرار غير قادر على القيام بالعمل المطلوب منه .

2- لحساب الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها نعتبر أن القوة المماسية تمثل قوة الدفع اللازمة للتغلب على المقاومات المختلفة ومن خلال ذلك نحسب الوزن الأقصى .

$$F_k = F_d + F_f = G_t.f + G.f = f(G_t + G) \rightarrow G_t = \frac{F_k}{f} - G$$

$$G_t = \frac{F_k}{f} - G = \frac{25915,5}{0,1} - 34335 = 224820 \quad N$$

$$m_t = \frac{G_t}{9,81} = \frac{224820}{9,81} = 22917,43 \ kg = 22,91 \ Ton$$

3- $F_k = F_d + F_f + F_i = f.G_t\cos\alpha + G_t\sin\alpha + f.G\cos\alpha + G.\sin\alpha$

$$F_k = (G_t - G)(f.\cos\alpha + \sin\alpha) \rightarrow G_t = \frac{F_k}{(f.\cos\alpha + \sin\alpha)} - G$$

$$G_t = \frac{25915,5}{0,1.\cos 10 + \sin 10} - 34335 = 60897,425 \quad N$$

$$m_t = \frac{G_t}{9,81} = \frac{60897,425}{9,81} = 6207,69 \ kg = 6,2 \ Ton$$

مسألة (29): الفصل الأول : 2014 – 2013

يراد حصاد حقل شعير مساحته (A = 400 hek) , فإذا قدرت كمية الحب في الهكتار الواحد ب(m = 2,7 Ton)

وكانت إنتاجية الحصادة الواحدة ($Z_p = 9\ Ton / h$) المطلوب حساب :

1- الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد .

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل .

3- عدد الحصادات اللازمة لحصاد الحقل في يوم واحد إذا كانت الحصادة تعمل طوال اليوم ($t_d = 24\ h$)

الحل :

1-الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد يساوي كمية الحب على إنتاجية الحصادة

$$t_h = \frac{m}{z_p} = \frac{2,7}{9} = 0,3 \quad \frac{h}{hek}$$

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل :

$$t_{tot} = A.t_h = 400 \times 0,3 = 120 \quad h$$

3- عدد الحصادات اللازمة يساوي زمن حصاد الحقل تقسيم عدد ساعات العمل اليومي للحصادة الواحدة :

$$n = \frac{t_{tot}}{t_d} = \frac{120}{24} = 5$$

في حال تم الحصاد بحصادة واحدة فهي سوف تحتاج إلى خمسة أيام لحصاد كل الحقل

مسالة (30):

جرار وزنه ($m = 2,5\ ton$) مجهز بمحرك ديزل رباعي الشوط ثماني الأسطوانات , عدد دوراته $N = 1500\ r.p.m$ ومردوده الميكانيكي ($\eta_m = 86\ \%$) وقيمة العمل التخطيطي في الدارة ($W_i = 641,865\ J$) ومردوده الفعلي ($\eta_e = 50\ \%$) , المطلوب حساب :

1- الاستطاعة التخطيطية للمحرك بواحد الحصان البخاري .

2- الاستطاعة الفعلية للمحرك (hp) .

3- الاستهلاك النوعي للوقود إذا كانت القيمة الحرارية للوقود ($H_v = 42000\ kJ/kg$) .

4- الاستهلاك الساعي للوقود .

5- عزم الدوران المطبق على الحدافة .

6- عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية للجرار إذا كان : ($\eta_{ma} = 90\ n\%$, $i_m = 70$) .

7- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية .

8- ثقل الجرار .

9- قوة مقاومة الأرض لسير الجرار إذا كانت الأرض مائلة بزاوية قدرها ($\alpha = 5^\circ$) و ($f = 9\ \%$) .

10- قوة مقاومة ميلان الأرض باعتبار الجرار صاعدا ثم باعتباره هابطا .

الحل :

$$P_i = \frac{W_i.N.n}{120} = \frac{641,865 \times 1500 \times 8}{120} = 64186,5\ [W] = \frac{64186,5}{736} = 87,21\ [hp]$$

$$P_e = P_i.\eta_m = 64186,5 \times 0,86 = 55200\ [W] = 87,21 \times 0,86 = 75\ [hp]$$

$$S_{ce} = \frac{3600}{H_v.\eta_e} = \frac{3600}{42000 \times 0\ 5} = 0,17143 \quad \frac{kg}{kW.h}$$

$$m_f = P_e.S_{ce} = 55,2 \times 0,17143 = 9,463 \quad \frac{kg}{h}$$

$$M_e = 9,55\frac{P_e}{N} = 9,55\frac{55200}{1500} = 351,44 \quad J$$

$$M_k = M_e . i_m . \eta_{ma} = 351,44 \times 70 \times 0,9 = 22140,72 \quad J$$

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{22140,72}{0,8} = 27675,9 \quad N$$

$$G = m.g = 2500 \times 9,81 = 24525 \quad N$$

$$F_f = f.G.\cos\alpha = 0,09 \times 24525 \times \cos 5 = 2198,851 \quad N$$

$$F_i = G.\sin\alpha = 24525 \times \sin 5 = 2137,495 \quad N$$ صعودا

$$F_i = -2137,495 \quad N$$ هبوطا

مسألة (31): امتحان العملي : 2012-2013

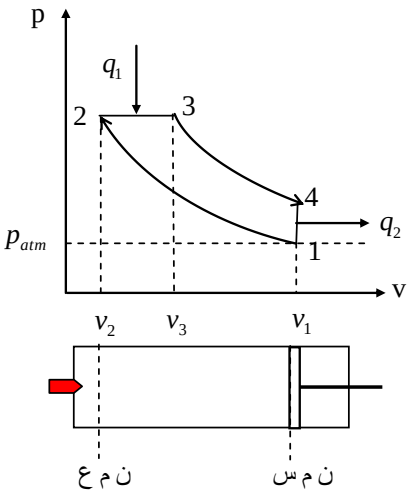
محرك ديزل رباعي الشوط سداسي الاسطوانات (n = 6) يعمل ضمن الشروط التالية :

$T_1 = 300$ K $T_2 = 900$ K ,$T_3 = 1520$ K , $T_4 = 625$ K , $C_v = 0,718$ k J/kg.K ,$C_p = 1,005$ k J/kg.K

عدد دوراته (N = 2000 r.p.m) ومردوده الميكانيكي ($\eta_m = 0,85$) بعد رسم الدارة المطلوب حساب :

1- العمل خلال كل عملية
2- العمل المفيد في الدارة
3- كمية الحرارة المقدمة في الدارة (q_1)
4- كمية الحرارة المنبوذة من الدارة (q_2)
5- المردود الترموديناميكي للدارة (η_T)
6- المردود الفعلي للمحرك (η_e)
7- الاستطاعة الفعلية للمحرك (P_e Hp) إذا كانت قيمة العمل الفعلي ($W_e = 515,2$ J)
8- كمية الأوكسجين اللازمة لحرق الوقود الذي رمزه الكيميائي ($C_8 H_{12}$)
9- القيمة الحرارية للوقود (H_v) إذا كانت الكتلة الجزيئية للكربون (C) وقيمته الحرارية هي ($H_v = 33000$ k J/kg$_f$, $\eta_c = 12$ kg/kmol) والكتلة الجزيئية للهيدروجين (H_2) وقيمته الحرارية هي ($H_v = 120000$ k H/kg$_f$, $\eta_{H2} = 2$ kg/kmol) .

الحل :



$$r = C_p - C_v = 1,005 - 0,718 = 0,287 \ \frac{k\,J}{kg.K}$$

العمل خلال كل عملية :

العملية 1-2 $$w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0,718(300 - 900) = -430,8 \ \frac{k\,J}{kg}$$

العملية 2-3 $\mathrm{w}_{2-3} = r(T_3 - T_2) = 0{,}287(1520 - 900) = 177{,}94 \ \frac{kJ}{kg}$

العملية 3-4 $\mathrm{w}_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1520 - 625) = 642{,}61 \ \frac{kJ}{Kg}$

العملية 4-1 $w_{4-1} = 0$

العمل المفيد في الدارة :

$$\mathrm{w_u} = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -430{,}8 + 177{,}94 + 642{,}61 = 389{,}75 \frac{kJ}{kg}$$

كمية الحرارة المقدمة : $\mathrm{q}_1 = q_{2-3} = C_v(T_3 - T_2) = 1{,}005(1520 - 900) = 623{,}1 \ \frac{kJ}{kg}$

كمية الحرارة المنبوذة : $\mathrm{q}_2 = |q_{4-1}| = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(625 - 300) = 233{,}35 \ \frac{kJ}{kg}$

للتأكد من قيمة العمل المفيد $\mathrm{w_u} = q_1 - q_2 = 623{,}1 - 233{,}35 = 389{,}75 \ \frac{kJ}{kg}$

المردود الترموديناميكي $\eta_T = \frac{w_u}{q_1} = \frac{389{,}75}{623{,}1} = 0{,}6255$

أو $\eta_T = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{233{,}35}{623{,}1} = 0{,}6255$

المردود الفعلي للمحرك $\eta_\mathrm{e} = \eta_T \times \eta_m = 0{,}6255 \times 0{,}85 = 0{,}5317$

الاستطاعة الفعلية لمحرك تحسب من العلاقة التالية :

$$\mathrm{P_e} = \frac{W_e.N.n}{120} = \frac{515{,}2 \times 2000 \times 6}{120} = 51520 \ W = \frac{51520}{736} = 70 \ Hp$$

كمية الأوكسجين اللازمة لحرق الوقود :

$$m_{O_2} = \frac{32\left(x - \frac{y}{4}\right)}{12.x + y} = \frac{32(8+3)}{12 \times 8 + 12} = 3{,}26 \ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$$

الكتلة الجزيئية للوقود : $12 \times 8 + 12 = 108 \ \frac{kg}{kmol}$

$$H_v = \frac{H_{v_C}.c.\mathfrak{m}_C}{\mathfrak{m}_{C_8.H_{12}}} + \frac{H_{V_{H_2}}0{,}5.H.\mathfrak{m}_{H_2}}{\mathfrak{m}_{C_8.H_{12}}} = \frac{33000(12 \times 8)}{108} + \frac{120000(12)}{108} = 42666{,}666 \ \frac{kJ}{kg_f}$$

مسالة (32): الفصل الثاني: 2013-2014

محرك ديزل استطاعته *(110 hp)* وعدد دوراته *(N =2000 r.p.m)* في جرار زراعي وزنه *(m = 3,5 Ton)* ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية *(r_k = 90 cm)* ومردود أجهزة التوصيل *(η_{ma} = 88 %)* وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل *(i_m = 70)* . المطلوب حساب :

1- عزم الدوران المطبق على حدافة المحرك **2-** عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية . **3-** القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية . **4-** الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية . **5-** السرعة النظرية للجرار . **6-** السرعة الفعلية للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق *(δ = 8 %)* . **7-** ثقل الجرار **8-** قوة مقاومة الأرض لسير الجرار إذا كانت قيمة معامل مقاومة الأرض *(f = 17 %)* . **9-** الاستطاعة الضائعة للتغلب على قوة مقاومة الأرض لسير الجرار **10-** قوة الجر القصوى المطبقة لجر آلة البذار . **11-** الاستطاعة المصروفة على جر آلة البذار . **12-** عدد خطوط البذار إذا كانت المسافة بين خط وأخر *(15 cm)* والمقاومة النوعية المترية للتربة *(K_m = 1700 N/m)*

13- الاستطاعة الضائعة نتيجة الانزلاق . **14**- الإنتاجية النظرية للجرار خلال البذار . 15- الإنتاجية الفعلية للجرار إذا كان مردود الزمن ($\eta_T = 80\ \%$) . **16**- الزمن اللازم لبذار حقل مساحته ($A = 428{,}12\ hek$) **17**- الاستهلاك الساعي للوقود إذا كانت قيمة الاستهلاك النوعي للوقود ($S_{ce} = 2.10^{-4}\ kg/W.h$) .

18- كمية الوقود التي يصرفها الجرار خلال عملية بذار كامل الحقل .

الحل:

-1 $$P_e = 110 \times 736 = 80960 \quad [W]$$

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{80960}{2000} = 386{,}584 \quad [J]$$

-2 $$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 386{,}584 \times 70 \times 0{,}88 = 23813{,}5744 \quad [J]$$

-3 $$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{23813{,}5744}{0{,}9} = 26459{,}5271 \quad [N]$$

-4 $$P_k = P_e.\eta_{ma} = 80960 \times 0{,}88 = 71244{,}8 \quad [W]$$

-5 $$V_t = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}9\times2000}{70} = 9{,}6943 \quad \frac{km}{h}$$

-6 $$V_p = V_t(1-\delta) = 9{,}6943(1-0{,}08) = 8{,}919 \quad \frac{km}{h}$$

-7 $$G = m.g = 3500 \times 9{,}81 = 34335 \quad [N]$$

-8 $$F_f = f.G = 0{,}17 \times 34335 = 5836{,}95 \quad (N)$$

-9 $$P_f = \frac{F_f.V_p}{3{,}6} = \frac{5836{,}95\times8{,}919}{3{,}6} = 14461{,}044 \quad [W]$$

-10 $$F_k = F_d + F_f \rightarrow F_d = F_k - F_f = 26459{,}5271 - 5836{,}95 = 20622{,}5771 \quad [N]$$

-11 $$P_d = \frac{F_d.V_p}{3{,}6} = \frac{20622{,}5711\times8{,}919}{3{,}6} = 51092{,}435 \quad [W]$$

-12 $$F_d = K_m.b_m.n \rightarrow n = \frac{F_d}{K_m.b_m} = \frac{20622{,}5771}{1700\times0{,}15} = 80{,}88 \approx 80$$ خط

-13 $$P_\delta = \frac{F_k(V_t-V_p)}{3{,}6} = \frac{26459{,}5271(9{,}6943-8{,}919)}{3{,}6} = 5698{,}353 \quad [W]$$

-14 $$Z_t = 0{,}1.V_p.b_m.n = 0{,}1 \times 8{,}919 \times 0{,}15 \times 80 = 10{,}703 \quad \left[\frac{hek}{h}\right]$$

-15 $$Z_p = Z_t.\eta_T = 10{,}703 \times 0{,}8 = 8{,}5624 \quad \left[\frac{hek}{h}\right]$$

-16 $$t = \frac{A}{Z_p} = \frac{428{,}12}{8{,}5624} = 50 \quad [h]$$

-17 $$m_f = S_{ce}.P_e = 2.10^{-4} \times 80960 = 16{,}192 \quad \left[\frac{kg}{h}\right]$$

-18 $$m_{f_{tot}} = m_f.t = 16{,}192 \times 50 = 809{,}6 \quad [kg]$$

مسألة (33): الدورة الاضافية: 2014-2013

جرار زراعي وزنه ($m = 3\ Ton$) واستطاعة محركه ($P_e = 100\ \ hp$) وعدد دوراته ($N = 1800\ \ r.p.m$) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية ($r_k = 80cm$) ومردود أجهزة التوصيل ($\eta_{ma} = 90\ \%$) وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل ($i_m = 55$) . المطلوب حساب :

1-الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية .

2-السرعة النظرية والسرعة الفعلية للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق ($\delta = 8\ \%$) .

3-ثقل الجرار وقوة مقاومة الأرض لسير الجرار إذا كانت قيمة معامل مقاومة الأرض ($f = 10\ \%$) .

4-عزم الدوران والقوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية .

5- قوة الجر المطبقة لجر آلة التمشيط باستخدام الكولتيفاتور إذا كان العرض الفعال ($B_m = 12m$) والمقاومة النوعية المترية للتربة ($K_m = 1450\ \ N/m$) .

6-الاستطاعة المصروفة على جر آلة التمشيط .

7-الاستطاعة الضائعة نتيجة الانزلاق .

8-الإنتاجية النظرية والإنتاجية الفعلية للجرار خلال العملية إذا كان مردود الزمن ($\eta_T = 85\%$) .

الحل:

-1
$$P_e = 100 \times 736 = 73600 \ \ W$$

$$P_k = P_e . \eta_{ma} = 73600 \times 0{,}9 = 66240 \ \ W$$

-2
$$V_t = 0{,}377 \frac{r_k . N}{i_m} = 0{,}377 \frac{0{,}8 \times 1800}{55} = 9{,}871 \ \ \frac{km}{h}$$

$$V_p = V_t(1 - \delta) = 9{,}871(1 - 0{,}08) = 9{,}081 \ \ \frac{km}{h}$$

-3
$$G = m . g = 3 \times 1000 \times 9{,}81 = 29430 \ \ N$$

$$F_f = f . G = 29430 \times 0{,}1 = 2943 \ \ N$$

-4
$$M_e = 9{,}55 \frac{P_e}{N} = 9{,}55 \frac{73500}{1800} = 390{,}489 \ \ J$$

$$M_k = M_e . i_m . \eta_{ma} = 390{,}489 \times 55 \times 0{,}9 = 19329{,}205 \ \ J$$

$$\mathrm{F}_{\boldsymbol{k}} = \frac{\boldsymbol{M_k}}{\boldsymbol{r_k}} = \frac{\mathbf{19329{,}205}}{\mathbf{0{,}8}} = 24161.507 \ \ N$$

-5
$$F_d = K_m . B_m = 1450 \times 12 = 17400 \ \ N$$

-6
$$P_d = \frac{F_d . V_p}{3{,}6} = \frac{17400 \times 9{,}081}{3{,}6} = 43893{,}05 \ \ W$$

-7
$$P_\delta = P_k . \delta = 66240 \times 0{,}08 = 5299{,}2 \ \ \ W$$

-8
$$Z_t = 0{,}1 \times V_p . B_m = 0{,}1 \times 9{,}081 \times 12 = 10{,}897 \ \ \frac{hek}{h}$$

$$Z_p = Z_t . \eta_t = 10{,}897 \times 0{,}85 = 9{,}263 \ \ \frac{hek}{h}$$

مسألة (34): **الفصل الثاني: 2015-2015**

محرك يعمل وفق دارة أوتو ضمن شروط العمل الفعلية التالية : , $T_1 = 300\ K$, $T_2 = 689\ K$, $T_3 = 1378\ K$, $T_4 = 600\ K$

المطلوب بعد الرسم على مخطط ($p - v$) واعتبار أن : $C_v = 0{,}718\ kJ/kg.K$

1 - العمل الخارجي في كل عملية من عمليات الدارة . 2- العمل المفيد للدارة .

3- كنية الحرارة المقدمة والمنبوذة في الدارة . 4- المردود الحراري (الترموديناميكي) للدارة .

الحل:

$$w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0.718(300 - 689) = -279.3 \quad \frac{kJ}{kg} \qquad W_{2\text{-}3}=0$$

$$w_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1378 - 600) = 558{,}6 \quad \frac{kJ}{kg} \qquad w_{4-1} = 0$$

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -279.3 + 558.6 = 279.3 \quad \frac{kJ}{kg}$$

$$q_1 = C_v(T_3 - T_2) = 0.718(1378 - 689) = 494.7 \quad \frac{kJ}{kg}$$

$$q_2 = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(600 - 300) = 215.4 \quad \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_T = \frac{w_u}{q_1} = \frac{279.3}{494.7} = 0.5646 \ \rightarrow \eta_T = 56.46\ \%$$

مسألة (35): **الفصل الثاني: 2014-2015**

احسب القيمة الحرارية لوقود صيغته الكيميائية (C_7H_{14}) , علما أن الكتلة الجزيئية للكربون والهدروجين هي :

$$m_c = 12\ kg/kmol \quad , \quad m_h = 1\ kg/kmol$$

الحل:

$$H_v = 33000\left(\frac{12\,X}{12\,X+Y}\right) + 120000\left(\frac{Y}{12X+Y}\right)$$

الكتلة الجزيئية للكربون الداخل في الوقود تساوي ($12\times7 = 84$)

الكتلة الجزيئية للهيدروجين الداخل في الوفود تساوي ($14\times1 = 14$)

الكتلة الجزيئية للوقود تساوي (98)

$$H_v = 33000\left(\frac{84}{98}\right) + 120000\left(\frac{14}{98}\right) = 45428.57 \quad \frac{kJ}{kg_f}$$

مسألة (36): **الفصل الثاني: 2015-2015**

جرار زراعي استطاعته محركه($75\ hp$) وعدد دوراته في الدقيقة $(N = 2000\ r.p.m)$ ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية ($r_k = 80\ cm$) ومردود أجهزة التوصيل $(\eta_{ma} = 90\ \%)$ وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل ($i_m = 60$) . المطلوب حساب :

1- عزم الدوران المطبق على حدافة المحرك 2- عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية .

3- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية . 4- الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية .

5-السرعة النظرية للجرار .

الحل:

$$\mathbf{P_e} = 75 \times 736 = 55200 \quad W$$

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{55200}{2000} = 263{,}58 \quad J$$

$$M_k = M_e . i_m . \eta_{ma} = 263,58 \times 60 \times 0,9 = 14233,32 \quad J$$

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{14233,32}{0,8} = 17791,65 \qquad N$$

$$P_k = P_e . \eta_{ma} = 55200 \times 0,9 = 49680 \qquad W$$

$$V_T = 0,377 \frac{N,r_k}{i_m} = 0,377 \frac{2000 \times 0,8}{60} = 10,053 \qquad \frac{km}{h}$$

مسألة (37): **الفصل الأول: 2015-2016**

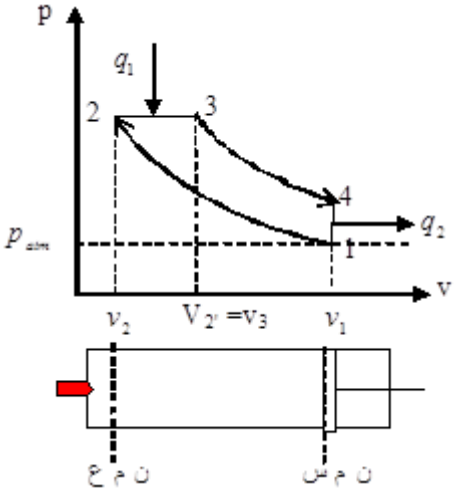
محرك يعمل وفق دارة ديزل ضمن شروط العمل التالية: $T_1 = 300\ K, T_2 = 932\ K\ ,\ T_3 = 1584\ K\ ,\ T_4 = 630,5\ K$

بعد الرسم على *مخطط* (p-v) *المطلوب* حساب:

1- كميات الحرارة المتبادلة خلال الدارة. 2-العمل المفيد لكامل الدارة. 3-المردود الحراري للدارة.
4-مردود دارة أوتو التي لها نفس درجة الحرارة والضغط الأعظمية ومقارنته مع مردود هذه الدارة.

اعتبر أن: $c_p = 1,005\ k\ J / kg.K$, $c_v = 0,718\ k\ J / kg.K$

الحل:



دارة ديزل: (1,2,3,4,1)

$$\boldsymbol{q_1 = c_p(T_3 - T_2)} = 1,005(1584 - 932) = 655,26 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$q_2 = c_v(T_4 - T_1) = 0,718(630,5 - 300) = 237,299 = 237,3 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$w_u = q_1 = q_2 = 655,26 - 237,3 = 417,96 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_T^D = \frac{w_u}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{417,96}{655,26} = 0,63785 \rightarrow \eta_T^D = 63,785\%$$

دارة أوتو: (1,2′,3,4,1)

$$\frac{v_{2'}}{v_1} = \frac{v_3}{v_4} \rightarrow \frac{T_{2'}}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_{2'} = \frac{T_1 . T_3}{T_4} = \frac{300 \times 1584}{630,5} = 753,687 \approx 753,5\ K$$

$$q_1' = c_v(T_3 - T_{2'}) = 0,718(1584 - 753,5) = 596,299 = 596,3 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$q_2 = 237{,}3 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_T^{Ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{237{,}3}{596{,}3} = 0{,}602 \rightarrow \eta_T^{Ot} = 60{,}2\ \%$$

$$\eta_T^D > \eta_T^{Ot}$$

مسألة (38): **الفصل الأول: 2015-2016**

جرار زراعي وزنه (m = 3,5 Ton) واستطاعة محركه (Pe = 100 hp) وعدد دوراته (N = 1800 r.p.m) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية (r_k = 70cm) ومردود أجهزة التوصيل (η_{ma}= 90 %) وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل (i_m = 60) يطلب منك استخدام هذا الجرار في فلاحة أراضي متنوعة (مواصفاتها مبينة بالجدول التالي) باستخدام محراث مطرحي ذي خمسة أسلحة، حيث عمق الفلاحة (T_p=25 cm) وعرض الفلاحة الفعال لكل سلاح (b_p=40 cm) .

نوع التربة	معامل مقاومة الأرض f (%)	المقاومة النوعية للتربة K_p (N/m²)
خفيفة	8	20000
متوسطة	10	34500
ثقيلة	12	54000
ثقيلة جدا	14	78500

هل يستطيع هذا الجرار تنفيذ أعمال الفلاحة في كل هذه الأراضي؟ في حال عدم قدرته على ذلك في أي منها، ماذا تفعل كي يتمكن هذا الجرار من فلاحة تلك الأرض؟ ادعم اجابتك بالحسابات.

الحل:

$$P_e = 100 \times 736 = 73600 \quad W$$

$$G = m.g = 3500 \times 9{,}81 = 34335 \quad N$$

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{73600}{1800} = 390{,}489 \quad J$$

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 390{,}489 \times 60 \times 0{,}9 = 21086{,}406 \ J$$

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{21086{,}406}{0{,}7} = 30123{,}437 \ N$$

حالة تربة خفيفة $F_d = K_p.b_p.n.T_p = 20000 \times 0{,}4 \times 5 \times 0{,}25 = 10000 \ N$

$$F_f = G.f = 34335 \times 0{,}08 = 2746{,}8 \quad N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 10000 + 2746{,}8 = 12746{,}8 \ N$$

يستطيع القيام بفلاحة الأرض لأن: $F_k > F_{k'}$

حالة تربة متوسطة $F_d = K_p.b_p.n.T_p$ =34500×0,4×5×0,25=17250 N

$$F_f = G.f = 34335 \times 0{,}1 = 3433{,}5 \quad N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 17250 + 3433{,}5 = 20683{,}5$$

يستطيع القيام بفلاحة الأرض لأن: $F_k > F_{k'}$

حالة تربة ثقيلة $F_d = K_p.b_p.n.T_p = 54000 \times 0{,}4 \times 5 \times 0{,}25 = 27000 \ N$

$$F_f = G.f = 34335 \times 0{,}12 = 4120{,}2\ N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 27000 + 4120{,}2 = 31120{,}2\ N$$

لا يستطيع القيام بفلاحة الأرض لأن: $F_k < F_{k'}$

حالة تربة ثقيلة جدا $F_d = K_p.b_p.n.T_p = 78500 \times 0{,}4 \times 5 \times 0{,}25 = 39250\ N$

$$F_f = G.f = 34335 \times 0{,}14 = 4806{,}9\ N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 392250 + 4806{,}9 = 44056{,}9\ N$$

لا يستطيع القيام بفلاحة الأرض لأن: $F_k < F_{k'}$

لحل مشكلة عدم تمكن الجرار من فلاحة الأرض ذات التربة الثقيلة والثقيلة جدا يمكن استخدام محراث مطرحي له عدد أقل من الأسلحة ونجري الحسابات لمعرفة مقدرة الجرار على الفلاحة في هذه الحالة، يكفي إجراء الحسابات على الأرض ذات التربة الثقيلة جدا، لأن الثقيلة تكون أقل مقاومة منها.

نختار محراث مطرحي له ثلاث أسلحة سنعيد الحسابات في حالة التربة الثقيلة جدا

$$F_d = K_p.b_p.n.T_p = 78500 \times 0{,}4 \times 3 \times 0{,}25 = 23550\ N$$

$$F_{k'} = F_d + F_f = 23550 + 4806{,}9 = 28356{,}9\ N$$

يستطيع القيام بفلاحة الأرض لأن: $F_k > F_{k'}$

مسألة (39): **الفصل الثاني: 2015-2016**

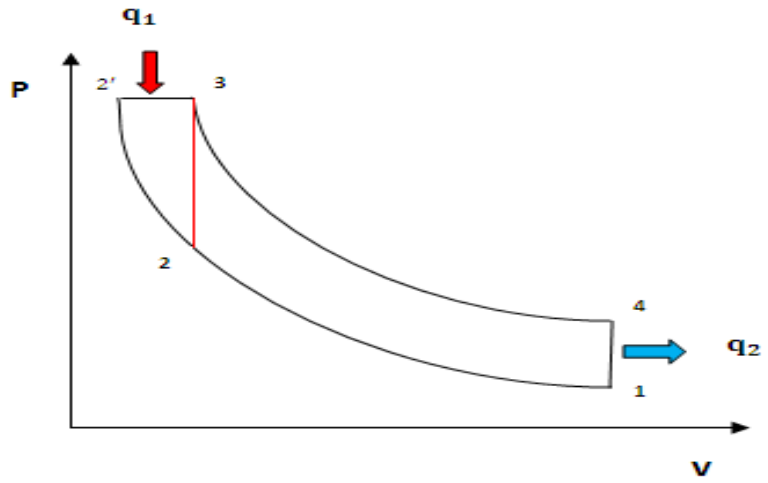
محرك ديزل يعمل وفق الشروط التالية: $T_1 = 300\ K\ , T_2 = 917{,}5\ K\ , T_3 = 1500\ K\ , T_4 = 597\ K$

بعد الرسم على مخطط (p-v) المطلوب حساب:

1- العمل وكمية الحرارة في كل عملية من عمليات الدارة.
2- العمل المفيد لكامل الدارة.
3- المردود الحراري للدارة.
4- مقارنة مردود هذه الدارة مع مردود دارة أوتو إذا كانت الدارتين لهما نفس درجة الحرارة العظمى والضغط الاعظمي.

اعتبر أن: $C_v = 0{,}718\ \frac{kJ}{kg.K}\ ,\ C_p = 1{,}005\ \frac{kJ}{kg.K}$

الحل:



$$r = C_p - C_v = 1{,}005 - 0{,}718 = 0{,}287 \ \frac{kJ}{kg.K}$$

العملية (1-2) أديباتية $q_{1-2} = 0$

$$w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(300 - 917{,}5) = -443{,}365 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (2-3) *تحت ضغط ثابت*

$$w_{2-3} = r(T_3 - T_2) = 0{,}287(1500 - 917{,}5) = 167{,}178 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$q_1 = q_{2-3} = C_p(T_3 - T_2) = 1{,}005(1500 - 917{,}5) = 585{,}413 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (3-4) *أديباتية* $q_{3-4} = 0$

$$w_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1500 - 597) = 648{,}354 \ \frac{kJ}{kg}$$

العملية (4-1) *تحت حجم ثابت* $w_{4-1} = 0$

$$q_2 = |q_{4-1}| = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(597 - 300) = 213{,}246 \ \frac{kJ}{kg}$$

العمل المفيد $w_u = q_1 - q_2 = 585{,}413 - 213{,}246 = 372{,}167 \ \frac{kJ}{kg}$

أو $w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -443{,}365 + 167{,}178 + 648{,}354 + 0 = 372{,}167 \ \frac{kJ}{kg}$

المردود الحراري لدارة ديزل $\eta_T^D = \frac{w_u}{q_1} = \frac{372{,}167}{585{,}413} = 0{,}6357 \rightarrow \eta_T^D = 63{,}57\ \%$

دارة أوتو (1-4-3-2'-1) تحسب درجة الحرارة $T_{2'}$ من العلاقة التالية:

$$\frac{T_{2'}}{T_3} = \frac{T_1}{T_4} \rightarrow T_{2'} = T_3\frac{T_1}{T_4} = 1500\frac{300}{597} = 753{,}77 \approx 754 \ K$$

كمية الحرارة المنبوذة من دارة أوتو هي نفسها المنبوذة من دارة ديزل ولكن كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو تحسب من العلاقة التالية $q_1^{ot} = C_v(T_3 - T_{2'}) = 0{,}718(1500 - 754) = 535{,}628 \ \frac{kJ}{kg}$

المردود الحراري لدارة أوتو $\eta_T^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q_1^{ot}} = 1 - \frac{213{,}246}{535{,}628} = 0{,}6019 \rightarrow \eta_T^{ot} = 60{,}16\ \%$

وبالتالي نجد أن: $\eta_T^D > \eta_T^{ot}$

مسألة (40): **الفصل الثاني: 2015-2016**

طلب منك تنفيذ بعض الأعمال الزراعية (فلاحة وبذار وجر مقطورة) باستخدام جرار زراعي وزنه (3 Ton) والاستطاعة الفعلية لمحركه (100 hp) وعدد دورات محركه (2000 rpm) ومردود أجهزة التوصيل (90 %) ونسبة التصغير لنقل عزم الدوران تساوي (60) ونصف القطر الديناميكي لدواليبه الخلفية الفعالة (80 cm). المطلوب حساب:

1- العدد الأقصى لأسلحة المحراث المطرحي الذي يمكن استخدامه لفلاحة الأرض بعمق (25 cm) وعرض فلاحة لكل سلاح (40 cm).
2- العرض الفعال الأقصى لآلة البذار في هذه الحالة.
3- الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها في هذه الحالة.
4- السرعة الفعلية القصوى للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق تساوي (10 %).

علما أن أرض الحقل مستوية ومقامتها النوعية للفلاحة ($50000\ N/m^2$) ومقامتها النوعية للبذار (1700 N/m) ومقامتها لسير الجرار والمقطورة (15 %)

الحل:

أولا نحسب القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية الفعالة، ثم نجيب على الأسئلة المطلوبة

الاستطاعة الفعلية للمحرك $P_e = 100 \times 736 = 73600 \ \ W$

عزم الدوران على محور الحدافة $M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{73600}{2000} = 351{,}44 \ J$

عزم الدوران المنقول إلى الدواليب الخلفية $M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 351{,}44 \times 60 \times 0{,}9 = 18977{,}76 \ J$

القوة المماسية المطبق على الدواليب الخلفية $F_k = \frac{M_k}{r_d} = \frac{18977{,}76}{0{,}8} = 23722{,}2 \ \ N$

قوة ثقل الجرار $G = m.g = 3000 \times 9{,}81 = 29430 \ \ N$

قوة مقاومة الأرض لسير الجرار $F_f = f.G = 0{,}15 \times 29430 = 4414{,}5 \ \ N$

قوة الجر $F_k = F_d + F_f \ \rightarrow F_d = F_k - F_f = 23722{,}2 - 4414{,}5 = 19307{,}7 \ \ N$

من قوة الجر نحسب عدد الأسلحة $F_d = K_p.T_p.b_p.n \ \rightarrow n = \frac{F_d}{K_p.T_p.b_p} = \frac{19307{,}7}{50000 \times 0{,}25 \times 0{,}4} = 3{,}86$

وبالتالي فإن المحراث المطرحي، الذي يمكن أن ينجز العمل، ثلاثي الأسلحة.

عرض آلة البذار $F_d = K_m.B_m \ \rightarrow B_m = \frac{F_d}{K_m} = \frac{19307{,}7}{1700} = 11{,}36 \ \ m$

عند اختيار عرض آلة البذار يجب ان لا تزيد عن العرض الأعظمي المحسوب سابقا $B_m < 11{,}36$ m

من معادلة التوازن $F_k = f.G_t + fG \ \rightarrow G_t = \frac{F_k - fG}{f} = \frac{23722{,}2 - 4414{,}5}{0{,}15} = 128718 \ \ N$

الوزن الأقصى للمقطورة مع حمولتها $m_t = \frac{G_t}{g} = \frac{128718}{9{,}81} = 13121{,}101 \ \ kg \approx 13 \ Tom$

السرعة النظرية $V_t = 0{,}377\frac{r_d.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}8 \times 2000}{60} = 10{,}053 \ \ \frac{km}{h}$

السرعة الفعلية للجرار $V_p = V_t(1 - \delta) = 10{,}053(1 - 0{,}1) = 9{,}048 \ \ \frac{km}{h}$

مسالة (41): **الدورة الإضافية: 2015-2016**

وقود صيغته الكيميائية (C_7H_{16}) المطلوب حساب :

1- كمية الأوكسجين اللازمة لاحتراق واحدة الكتل من هذا الوقود احتراقا تاما. 2- كمية الهواء اللازمة لعملية الاحتراق.

3- كمية الهواء الفعلية اللازمة لعملية الاحتراق إذا كانت قيمة عامل زيادة الهواء (λ= 1,2).

4- القيمة الحرارية للوقود علما أن الكتل الجزيئة والقيم الحرارية لمركبات الوقود هي

M_c=12 kg/kmol , H_{VC}= 33000 KJ/kg , M_h= 1 kg , H_{Vh}= 120000 KJ/kg

الحل: -1 $m_{O_2} = \frac{32\left(x - \frac{y}{4}\right)}{(12x+y)} = \frac{32\left(7 + \frac{16}{4}\right)}{(12 \times 7 + 16)} = \frac{32(11)}{(84+16)} = \frac{352}{100} = 3{,}52 \ \ \frac{kg_{O_2}}{kg_f}$

-2 $A_{ar} = \frac{m_{O_2}}{0{,}232} = \frac{3{,}52}{0{,}232} = 15{,}1724 \ \ \frac{kg_{ar}}{kg_f}$

-3 $A = \lambda.A_{ar} = 1{,}2 \times 15{,}1724 = 18{,}2069 \ \ \frac{kg_{ar}}{kg_f}$

-4 $H_{vf} = H_{vc}\left(\frac{x.M_c}{x.M_c + y.M_H}\right) + H_{vH}\left(\frac{y.M_H}{x.M_c + y.M_H}\right) = 33000\left(\frac{7 \times 12}{7 \times 12 + 16 \times 1}\right) +$

$120000\left(\frac{16 \times 1}{7 \times 12 + 16 \times 1}\right) = 33000\left(\frac{84}{100}\right) + 120000\left(\frac{16}{100}\right) = 46920 \ \ \frac{kJ}{kg_f}$

مسألة (42): **الدورة الإضافية: 2015-2016**

محرك يعمل وفق دارة أوتو حيث: T_1= 293 K , T_2= 736 K , T_3= 1676 K , T_4= 667 K بعد الرسم على مخطط P-V المطلوب حساب : 1- العمل وكمية الحرارة في كل عملية من عمليات الدارة. 2 - العمل المفيد في الدارة.

3- المردود الحراري للدارة. اعتبر أن: C_p = 1,005 KJ /kg.K , C_V = 0,718 KJ /kg.K

الحل:

1- $q_{1-2} = 0 \rightarrow w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0{,}718(293 - 736) = -318{,}074 \ \frac{kJ}{kg}$

$w_{2-3} = 0 \rightarrow q_{2-3} = q_1 = C_v(T_3 - T_2) = 0{,}718(1676 - 736) = 674{,}92 \ \frac{kJ}{kg}$

$q_{3-4} = 0 \rightarrow w_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0{,}718(1676 - 667) = 724{,}462 \ \frac{kJ}{kg}$

$w_{4-1} = 0 \rightarrow q_{4-1} = |q_2| = C_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(667 - 293) = 268{,}532 \ \frac{kJ}{kg}$

2- $w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} + w_{4-1} = -318{,}074 + 0 + 724{,}462 + 0 = 406{,}388 \ \frac{kJ}{kg}$

أو $w_u = q_1 - q_2 = 674{,}92 - 268{,}532 = 406{,}388 \ \frac{kJ}{kg}$

3- $\eta_T = \frac{w_u}{q_1} = \frac{406{,}388}{674{,}92} = 0{,}60213 \rightarrow \eta_T = 60{,}213\ \%$

أو $\eta_T = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{268{,}532}{674{,}92} = 0{,}60213 \rightarrow \eta_T = 60{,}213\ \%$

مسألة (43): **الدورة الإضافية: 2015-2016**

جرار زراعي وزنه (4 ton) مجهز بمحرك ديزل استطاعته (P_e = 84000 W) وعدد دراته القصوى (N=2000rpm) علما أن مردود أجهزة التوصيل (η_{na} =92 %) ومعامل التصغير (i_m = 75) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية الفعالة (r_k=90 cm) ومعامل مقامة الأرض لسير الجرار (f = 15 %) المطلوب حساب:

1 - القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية

2- الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية

3- السرعة الفعلية للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق (δ = 10 %)

4- قوة الجر اللازمة لجر آلة تمشيط عرضها الفعال (B_m=13 m) والمقاومة النوعية للتربة(K_m = 1500 N/m)

5- ما هو أقصى عرض فعال لآلة التمشيط التي يمكن ربطها مع هذا الجرار

6- الانتاجية النظرية والفعلية للجرار خلال تنفيذه للعمل إذا كان مردود الزمن (η_T = 80 %)

الحل:

1- عزم الدوران المطبق على الحدافة $M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{84000}{2000} = 401{,}1 \ J$

عزم الدوران المنقول إلى الدواليب الخلفية =

$M_K = M_E . i_m . \eta_{ma} = 401{,}1 \times 75 \times 0{,}92 = 27675{,}9 \ J$

القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية $F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{27675{,}9}{0{,}9} = 30751 \ N$

2- الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية

$P_k = P_e . \eta_{ma} = 84000 \times 0{,}92 = 77280 \ W$

3- السرعة النظرية للجرار $V_T = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}9\times2000}{75} = 9{,}048 \ \frac{km}{h}$

السرعة الفعلية للجرار $V_P = V_T(1-\delta) = 9{,}048(1-0{,}1) = 8{,}1432 \ \frac{km}{h}$

4- قوة الجر اللازمة لجر آلة التمشيط $F_d = K_m.B_m = 1500\times13 = 19500 \ N$

$F_k = F_d + F_f \ \rightarrow F_d = F_k - F_f$

$G = m.g = 4000\times9{,}81 = 39240 \ N$

$F_f = f.G = 0{,}15\times39240 = 5886 \ N$

$F_d = F_k - F_f = 30751 - 5886 = 24865 \ N$

5- أقصى عرض فعال لآلة التمشيط $F_d = K_m.B_m \ \rightarrow B_m = \frac{F_d}{K_m} = \frac{24865}{1500} = 16{,}5767 \ m$

6- الإنتاجية النظرية $Z_T = 0{,}1V_p.B_m = 0{,}1\times8{,}1432\times13 = 10{,}5862 \ \frac{hek}{h}$

الإنتاجية الفعلية $Z_P = Z_T.\eta_t = 10{,}5862\times0{,}8 = 8{,}469 \ \frac{hek}{h}$

مسألة (44): **الفصل الأول: 2016-2017**

محرك يعمل وفق دارة ديزل ضمن شروط العمل التالية:

$T_1 = 288\ K \ , \ T_2 = 778\ K \ , \ T_3 = 1400\ K \ , \ T_4 = 655{,}5\ K$

المطلوب حساب: 1- كميات الحرارة المتبادلة، 2-العمل المفيد لكامل الدارة، 3-المردود الحراري للدارة،

4-المقارنة مع مردود دارة أوتو إذا كانت الدارتين لهما نفس درجة الحرارة والضغط الأعظمي

اعتبر أن: $c_p = 1{,}005\ k\,J/kg.K \ , \ c_v = 0{,}718\ k\,J/kg.K$

الحل:

$q_1 = q_{2-3} = c_p(T_3 - T_2) = 1{,}005(1400-778) = 625{,}11 \ \frac{kJ}{kg}$

$q_2 = |q_{4-1}| = c_v(T_4 - T_1) = 0{,}718(655{,}5-288) = 263{,}865 \ \frac{kJ}{kg}$

العمل المفيد لكامل الدارة: $w_u = q_1 - q_2 = 625{,}11 - 263{,}865 = 361{,}245 \ \frac{kJ}{kg}$

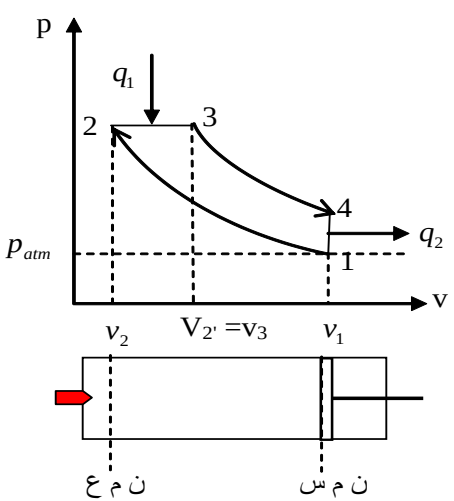
المردود الحراري (الترموديناميكي) للدارة:

$\eta_t^d = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{263{,}865}{625{,}11} = 0{,}5779 \ \rightarrow \eta_t^d = 57{,}79\ \%$

النقاط المشتركة في كلا الدارتين هي (4-3-1) *وتختلفان في النقطتين* (2') (2) *لذا لا بد من حساب درجة الحرارة عند النقطة* (2'). *بما أن* ($v_1 = v_4 \ , \ v_3 = v_{2'}$) *نجد أن :*

$\frac{T_{2'}}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_{2'} = T_1\frac{T_3}{T_4} = 288\frac{1400}{655{,}5} = 615{,}103 \rightarrow$

$T_{2'} = 615\ K$



إن قيمة (q_2 = 263,865 k J /kg) متساوية في كلا الدارتين بينما قيمة (q'_1) تختلف عن قيمة (q_1) لذا يجب حساب كمية الحرارة المقدمة في دارة أوتو

$$q'_1 = c_v(T_3 - T_{2'}) = 0{,}718(1400 - 615) = 563{,}63 \ \frac{k\,J}{kg}$$

$$\eta_t^{ot} = 1 - \frac{q_2}{q'_1} = 1 - \frac{263{,}865}{563{,}63} = 0{,}53185 \ \rightarrow \eta_t^{ot} = 53{,}185 \ \%$$

المردود الحراري لدارة ديزل يساوي (57,79 %) وبالتالي نجد أن: $\eta_t^{d} > \eta_t^{ot}$

مسألة (45): **الفصل الأول: 2016-2017**

يراد حصاد حقل شعير مساحته (353 hek)، فإذا قدرت كمية الحب في الهكتار الواحد ب(2,72 Ton) وكانت إنتاجية الحصادة الواحدة (Zp = 8Ton / h) المطلوب حساب:

1-الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد.

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل.

3-عدد الأيام اللازمة للحصاد إذا كانت مدة عمل الحصادة في اليوم (20 h)

الحل:

1- الزمن اللازم لحصاد هكتار واحد يساوي كمية الحب على إنتاجية الحصادة

$$T_h = \frac{2{,}72}{8} = 0{,}34 \quad \frac{h}{hek}$$

2- الزمن اللازم لحصاد كل الحقل : $T_{tot} = A.T_h = 353 \times 0{,}34 = 120{,}02 \quad h$

3- عدد الأيام اللازمة يساوي زمن حصاد الحقل تقسيم عدد ساعات العمل اليومي للحصادة الواحدة :

$$\frac{120{,}02}{20} = 6{,}001 \ \approx 6 \text{ أيام}$$

مسألة (46): **الفصل الأول: 2016-2017**

جرار زراعي وزنه (m = 2,5 Ton) واستطاعته (Pe = 55200 W) وعدد دوراته في الدقيقة (N = 1500 r.p.m) ونصف القطر الديناميكي للدواليب الخلفية (r_k = 75 cm) ومردود أجهزة التوصيل (η_{ma}= 90 %) وقيمة عامل تصغير أجهزة التوصيل (i_m = 45). المطلوب حساب:

1- عزم الدوران المطبق على حدافة المحرك .

2-عزم الدوران المطبق على الدواليب الخلفية.

3- القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية.

4- -الاستطاعة المنقولة إلى الدواليب الخلفية.

5-السرعة النظرية والسرعة الفعلية للجرار إذا كانت نسبة الانزلاق (δ = 8 %).

6- ثقل الجرار وقوة مقاومة الأرض لسير الجرار إذا كانت قيمة معامل مقاومة الأرض (f = 12 %) .

7- قوة الجر المطبقة على ذراع التوصيل للجرار. والعرض الفعّال الأقصى لأسلحة التمشيط إذا كانت المقاومة النوعية المترية للتربة (K_m = 1000 N/m)

الحل:

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{55200}{1500} = 351{,}44 \quad [J]$$

$$M_k = M_e.i_m.\eta_{ma} = 351{,}44 \times 45 \times 0{,}9 = 14233{,}32 \quad [J]$$

$$\mathrm{F_k} = \frac{M_k}{r_k} = \frac{14233{,}32}{0{,}75} = 18977{,}76 \quad [N]$$

$$P_k = P_e.\eta_{ma} = 55200 \times 0{,}9 = 49680 \quad [W]$$

$$\mathrm{V_t} = 0{,}377\frac{r_k.N}{i_m} = 0{,}377\frac{0{,}75\times1500}{45} = 9{,}425 \quad \frac{km}{h}$$

$$\mathrm{V_p} = V_t(1-\delta) = 9{,}425(1-0{,}08) = 8{,}671 \quad \frac{km}{h}$$

$$G = m.g = 2500 \times 9{,}81 = 24525 \quad [N]$$

$$\mathrm{F_f} = f.G = 0{,}12 \times 24525 = 2943 \quad (N)$$

$$\mathrm{F_k} = F_d + F_f \rightarrow F_d = F_k - F_f = 18977.76 - 2943 = 16034{,}76 \ [N]$$

$$\mathrm{F_d} = \mathrm{K_m B}_m \rightarrow \mathrm{B_m} = \frac{\mathrm{F_d}}{\mathrm{K_m}} = \frac{16034{,}76}{1000} = 16{,}03476 \approx 16 \quad [\mathrm{m}]$$

مسألة (47): **الفصل الثاني: 2016-2017**

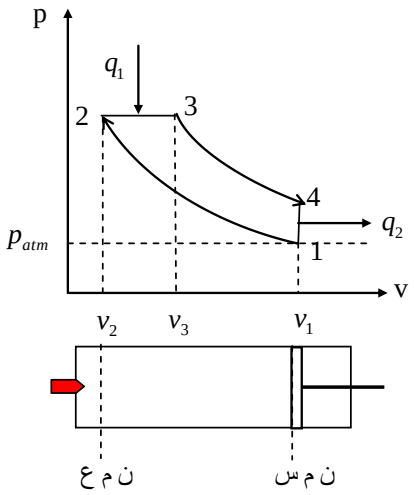
محرك ديزل يعمل ضمن الشروط التالية:

$$T_1 = 293\ K\ ,\ T_2 = 931\ K\ , T_3 = 1676\ K\ , T_4 = 667\ K,\ r = 0{,}287\ \frac{kJ}{kg.K}, k = 1{,}4$$

بعد الرسم على مخطط (P – V) المطلوب حساب:

1- العمل في كل عملية من عمليات الدارة ثم العمل المفيد في الدارة
2- كمية الحرارة المتبادلة في كل عملية من عمليات الدارة ثم التأكد من قيمة العمل المفيد في الدارة
3- المردود الترموديناميكي.

الحل:



$$C_v = \frac{r}{1-k} = \frac{0,287}{0,4} = 0,718 \ \frac{kJ}{kg,K} \quad \text{و} \quad C_p = k.C_v = 1,4 \times 0,718 = 1,005 \ \frac{kJ}{kg.K}$$

العملية (1-2) أديباتية $w_{1-2} = C_v(T_1 - T_2) = 0,718(293 - 931) = -458,084 \ \frac{kJ}{kg}$

العملية (2-3) تحت ضغط ثابت $w_{2-3} = r(T_3 - T_2) = 0,287(1676 - 931) = 213,815 \ \frac{kJ}{kg}$

العملية (3-4) أديباتية $w_{3-4} = C_v(T_3 - T_4) = 0,718(1676 - 667) = 724,462 \ \frac{kJ}{kg}$

العملية (4-1) تحت حجم ثابت $w_{4-1} = 0$

$$w_u = w_{1-2} + w_{2-3} + w_{3-4} = w_{4-1} = -458,084 + 213,815 + 724,462 = 480,193 \ \frac{kJ}{kg}$$

العمليتين (4-3) , (2-1) أديباتية وبالتالي فإن: $q_{1-2} = 0 \ , \ q_{3-4} = 0$

العملية (2-3) تحت ضغط ثابت $q_1 = q_{2-3} = C_p(T_3 - T_2) = 1,005(1676 - 931) = 748,725 \ \frac{kJ}{kg}$

العملية (4-1) تحت حجم ثابت $q_2 = |q_{4-1}| = C_v(T_4 - T_1) = 0,718(667 - 293) = 268,532 \ \frac{kJ}{KG}$

للتأكد من قيمة العمل المفيد نطبق العلاقة التالية:

$$w_u = q_1 - q_2 = 748,725 - 268,532 = 480,193 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_T = \frac{w_u}{q_1} = \frac{480,193}{748,725} = 0,64135 \ \Rightarrow \eta_T = 64,135 \ \%$$

مسألة (48): **الفصل الثاني: 2016-2017**

حضر مزارع إلى مكتبك لطلب مشورتك بنوع المعدات الزراعية اللازمة لتنفيذ مختلف الأعمال الزراعية، التي يستطيع جرها الجرار الحديث الذي اشتراه. وقدم لك المعلومات التي طلبتها منه، فأرضه تتكون من نوعين من التربة (خفيفة ومتوسطة) ومن النشرة الفنية الخاصة بالجرار حصلت على المعلومات التالية:

$$m = 3,5 \ Ton \ , \ P_e = 110 \ hp \ , N = 1800 \ r.p.m \ , \eta_{ma} = 90 \ \% \ , i_m = 65 \ , \ r_k = 80 \ cm$$

ومن الجداول الخاصة بالتربة حصلت على المعلومات التالية:

التربة الخفيفة $f = 10\ \%\ , K_p = 30000\ \frac{N}{m^2}\ ,\ K_m = 1000\ \frac{N}{m}$

التربة المتوسطة $f = 15\ \%\ ,\ K_p = 50000\ \frac{N}{m^2}\ ,\ K_m = 1800\ \frac{N}{m}$

لمختلف المزروعات يفضل أن يكون عمق الفلاحة (T_p= 25 cm) وعرض الفلاحة لكل سلاح (b_p= 40 cm).

المطلوب منك الأن أن تحدد له ما يلي:

1- عدد أسلحة المحراث المناسب لفلاحة الأرض كلها
2- العرض الفعال المناسب للمعدات الزراعية الأخرى (بذارة، أمشاط، وغيرها)
3- الوزن الأقصى للمقطورة وحمولتها في حال كانت الأرض مستوية.

الحل:

لإعطاء المشورة المناسبة لا بد في البداية من حساب القوة المماسية المطبقة على الدواليب الخلفية الفعالة، ومن ثم حساب قوة الجر اللازمة للمعدات في حالة الأرض المتوسطة فقط، حيث أن الجرار القادر على تنفيذ الأعمال في الأرض المتوسطة قادر حتما على تنفيذها في الأرض الخفيفة.

$$P_e = 110 \times 736 = 80960\ W$$

$$M_e = 9{,}55\frac{P_e}{N} = 9{,}55\frac{80960}{1800} = 429{,}538\quad J$$

$$M_k = M_e.\eta_{ma}.i_m = 429{,}538 \times 0{,}9 \times 65 = 25127{,}973\ J$$

$$F_k = \frac{M_k}{r_k} = \frac{25127{,}973}{0{,}8} = 31409{,}966\quad N$$

نحسب الأن قيمة قوة مقاومة الأرض لسير الجرار وقيمة قوة الجر القصوى، وهي قيم لن تتغير بتغير المعدات التي سيجرها الجرار

$$G = m.g = 3500 \times 9{,}81 = 34335\quad N$$

$$F_f = \mathrm{f.G} = 0{,}15 \times 34335 = 5150{,}25\quad \mathrm{N}$$

$$F_k = F_d + F_f\ \Rightarrow F_d = F_k - F_f = 31409{,}966 - 5150{,}25 = 26259{,}716\ N$$

لحساب عدد أسلحة المحراث نطبق المعادلة التالية:

$$F_d = K_p.T_p.b_p.n\ \Rightarrow n = \frac{F_d}{K_p.T_p.b_p} = \frac{26259{,}716}{50000 \times 0{,}25 \times 0{,}4} = 5{,}252$$

يمكن للمزارع أن يشتري محراث لا يزيد عدد أسلحته عن الخمسة *(n=5)*

لحساب العرض الفعال الأقصى للمعدات الزراعية الأخرى نطبق المعادلة التالية:

$$F_d = K_m.B_m\ \Rightarrow B_m = \frac{F_d}{K_m} = \frac{26259{,}716}{1800} = 14{,}6\ \ m$$

إذا العرض الفعال الأقصى للمعدات الزراعية اللازمة لتنفيذ الأعمال الزراعية المختلفة يجب ألا يتجاوز *(14 m)*

لحساب الوزن الأقصى للمقطورة مع الحمولة نطبق المعادلة التالية:

$$F_d = F_f = f.G_T\ \Rightarrow\ G_T = \frac{F_d}{f} = \frac{26259{,}716}{0{,}15} = 175064{,}77\ N$$

$$G_T = m.g \quad \Rightarrow m = \frac{G_T}{g} = \frac{175064,77}{9,81} = 17845,54 \ kg$$

أي أن وزن المقطورة وحمولتها يجب ألا يتجاوز *(17,8 Ton)*