Die calorische Maschine

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1853

Zusammenstellung der Formeln zur Berechnung der calorischen Maschine

urn:nbn:de:bsz:31-266513

Zusammenstellung der Formeln zur Berechnung der calorischen Maschine.

Bedeutung der in den Formeln erscheinenden Buchstaben.

Für die Verdichtungspumpe.

a Querschnitt des Cylinders der Verdichtungspumpe.
l Länge des Kolbenschubes.
v mittlere Geschwindigkeit des Kolbens.
$m = 0{\cdot}05$ Coeffizient für den schädlichen Raum.
q Luftmenge in Kilogrammen, welche durch die Pumpe in jeder Sekunde comprimirt werden soll.
p Druck der comprimirten Luft auf 1 Quadratmeter.

Für den Heizapparat.

F_k Heizfläche eines Kesselapparates.
F_p Heizfläche eines Röhrenapparates mit Parallelströmen.
F_g Heizfläche eines Röhrenapparates mit Gegenströmen.
$s = 0{\cdot}2669$ spezifische Wärme der atmosphärischen Luft.
S nahe $= s$ spezifische Wärme der Verbrennungsgase.
$\alpha = 0{\cdot}00375$ Coeffizient zur Berechnung der Ausdehnung aller Gase durch die Wärme.
$k = \frac{1}{253}$, Wärmemenge, welche bei einer Temperaturdifferenz von 1^0 in einer Sekunde durch 1 Quadratmeter Heizfläche geht.
$\gamma_0 = 1{\cdot}29$ das Gewicht von einem Kubikmeter atmosphärischer Luft bei 0^0 Temperatur und unter dem mittleren atmosphärischen Luftdruck.
λ in der Regel $= 2$. Ein Coeffizient, welcher ausdrückt, wie viel Mal die in den Feuerherd einströmende Luft grösser ist, als die kleinste zum vollkommenen Verbrennen nothwendige Luftmenge.
$\mathfrak{H}$ Heizkraft des Brennstoffes, d. h. die Wärmemenge, welche durch Verbrennung von einem Kilogramm Brennstoff entwickelt wird. Für Steinkohlen ist $\mathfrak{H} = 6000$, für trockenes Holz $\mathfrak{H} = 3000$.
B Brennstoffmenge in Kilogrammen, welche in jeder Sekunde auf dem Rost verbrannt werden muss, um in jeder Sekunde eine Luftmenge von q Kilogrammen von t_0 Grad auf t_1 Grad zu erwärmen.

$e = 2{\cdot}718$ die Basis der natürlichen Logarithmen.

Q Luftmenge in Kilogrammen, welche in jeder Sekunde von dem Feuerherd nach dem Kamin strömt.

Δ Temperatur der in den Feuerherd einströmenden atmosphärischen Luft.

T_0 Temperatur der Verbrennungsgase unmittelbar über dem Rost.

T_1 Temperatur, mit welcher die Verbrennungsgase die Heizfläche verlassen und nach dem Kamin strömen.

t_0 Temperatur, mit welcher die zu erwärmende atmosphärische Luft in den Heizapparat eintritt.

t_1 Temperatur, mit welcher die erwärmte atmosphärische Luft den Heizapparat verlässt.

Für den Expansionscylinder.

A der Querschnitt des Expansionscylinders.

L Länge des Kolbenschubes.

V Geschwindigkeit des Kolbens.

L_1 Weg den der Kolben zurücklegt, bis die Absperrung erfolgt.

$M = 0{\cdot}05$ der Coeffizient für die Berechnung des schädlichen Raumes.

$\mathfrak{A} = 10330$ Druck der atmosphärischen Luft auf 1 Quadratmeter.

p Druck der verdichteten Luft auf 1 Quadratmeter.

r der auf 1 Quadratmeter der Kolbenfläche bezogene schädliche Widerstand der Maschine, d. h. der Druck, welcher auf jeden Quadratmeter der Kolbenfläche wirken müsste, um zu überwinden: 1) sämmtliche Reibungswiderstände der Maschine; 2) den vor dem Kolben des Expansionscylinders herrschenden Druck. In r soll jedoch der Widerstand nicht mit inbegriffen sein, den die Zusammendrückung der Luft verursacht.

$\left(\frac{W}{1}\right)$ die Wirkungsgrösse in Kilogramm-Metern, welche durch jede in dem Brennstoff enthaltene Wärmeeinheit gewonnen wird.

E_n der Nutzeffekt der Maschine in Kilogramm-Metern.

N_n der Nutzeffekt der Maschine in Pferdekräften.

$\left(\frac{\mathfrak{W}}{1}\right)$ Wirkungsgrösse in Kilogramm-Metern, welche mit einer absolut vollkommenen Maschine für jede im Brennstoff enthaltene Wärmeeinheit gewonnen werden könnte.

R der auf einen Quadratmeter der Fläche des Expansionscylinders reduzirte, von den zu betreibenden Maschinen herrührende Widerstand, durch dessen Ueberwältigung eine nützliche Arbeit entsteht.

Allgemeine Formeln zur Berechnung der calorischen Maschinen.

No.	der Formeln, welche zu finden sind	Seite.
19	$T_0 = \Delta + \frac{545}{\lambda S}$	19
15	$Q = q \, \frac{s}{S} \, \frac{t_1 - t_0}{T_0 - T_1}$	18
20	$B = 545 \, \frac{Q}{\mathfrak{H} \lambda}$	19
16	$F_k = \frac{1}{k} \, \frac{\text{lognat.} \, \frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_1}}{\frac{1}{Q S}}$	18
27	$F_p = \frac{1}{k} \, \frac{\text{lognat.} \, \frac{T_0 - t_0}{T_1 - t_1}}{\frac{1}{Q S} + \frac{1}{q s}}$	24
32	$F_g = \frac{1}{k} \, \frac{\text{lognat.} \, \frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_0}}{\frac{1}{Q S} - \frac{1}{q s}}$	26
43	$\left(\frac{T_0 - T_1}{T_0 - \Delta}\right)_k = \frac{T_0 - t_0}{T_0 - \Delta} \, \frac{1 - e^{-\frac{k}{Q S} F_k}}{1 + \frac{Q S}{q s}\left(1 - e^{-\frac{k}{Q S} F_k}\right)}$	34
42	$\left(\frac{T_0 - T_1}{T_0 - \Delta}\right)_p = \frac{T_0 - t_0}{T_0 - \Delta} \, \frac{1 - e^{-k F_p \left(\frac{1}{q s} + \frac{1}{Q S}\right)}}{1 + \frac{Q S}{q s}}$	34

No.	der Formeln, welche zu finden sind	Seite.
41	$\left(\frac{T_0 - T_1}{T_0 - \Delta}\right)_g = \frac{T_0 - t_0}{T_0 - \Delta} \frac{1 - e^{-k F_g \left(\frac{1}{QS} - \frac{1}{qs}\right)}}{1 - \frac{QS}{qs} e^{-k F_g \left(\frac{1}{QS} - \frac{1}{qs}\right)}}$	34
49	$E_n = A V_p \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_1}{L} + \left(M + \frac{L_1}{L}\right) \text{lognat.} \frac{L + ML}{L_1 + ML} \\ - \frac{r}{p} - \left(M + \frac{L_1}{L}\right) \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \text{lognat.} \frac{p}{\mathfrak{A}} \end{array} \right\}$	42
52	$\left(\frac{W}{1}\right) = \frac{\mathfrak{A}}{s \gamma_0} \frac{T_0 - T_1}{T_0 - \Delta} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 + \alpha t_1}{t_1 - t_0} \left\{ 1 + \text{lognat.} \frac{L + ML}{L_1 + ML} \right\} \\ - \frac{1 + \alpha t_0}{t_1 - t_0} \text{lognat.} \frac{p}{\mathfrak{A}} \\ - \frac{\left(\frac{r}{p} + M\right)\left(1 + \alpha t_1\right)}{\left(\frac{L_1}{L} + M\right)\left(t_1 - t_0\right)} \end{array} \right\}$	42
50	$q = A V \left(\frac{L_1}{L} + M\right) \frac{p}{\mathfrak{A}} \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1}$	42
59	$a = A \frac{L}{l} \frac{p}{\mathfrak{A}} \frac{\left(\frac{L_1}{L} + M\right) \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1}}{1 - m \left(\frac{p}{\mathfrak{A}} - 1\right)}$	50
56	$R = p \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_1}{L} + \left(\frac{L_1}{L} + M\right) \text{lognat.} \frac{L + ML}{L_1 + ML} \\ - \frac{r}{p} - \left(\frac{L_1}{L} + M\right) \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \text{lognat.} \frac{p}{\mathfrak{A}} \end{array} \right\}$	46

Formeln für absolut vollkommene calorische Maschinen.

Für absolut vollkommene calorische Maschinen wäre

$$M = o, \quad m = o, \quad r = \mathfrak{A}, \quad \frac{L_1}{L} = \frac{r}{p} = \frac{\mathfrak{A}}{p}$$

demnach:

No.	der Formeln, welche zu finden sind	Seite.
49	$E_n = A\,V\,\mathfrak{A}\,\frac{\alpha(t_1 - t_0)}{1 + \alpha t_1}\,\text{lognat.}\,\frac{p}{\mathfrak{A}}$	42
55	$\left(\frac{\mathfrak{W}}{1}\right) = \frac{A\,\alpha}{s\,\gamma_0}\,\frac{T_0 - T_1}{T_0 - \Delta}\,\text{lognat.}\,\frac{p}{\mathfrak{A}}$	45
50	$q = A\,V\,\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t_1}$	42
59	$a = A\,\frac{L}{l}\,\frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1}$	50

Spezielle Regeln zur Bestimmung der Dimensionen einer zu erbauenden calorischen Maschine.

A.

Wenn die Luft auf das Vierfache ihres ursprünglichen Volumens verdichtet und von 10^0 auf 300^0 erwärmt werden soll, hat man folgende Regeln:

Querschnitt des Expansionscylinders für jede Pferdekraft des Nutzeffektes . . . . $\frac{1}{69{\cdot}4}$ Quadratmeter.

Querschnitt des Cylinders der Verdichtungspumpe für jede Pferdekraft . . . . . . $\frac{1}{71}$ „

Heizfläche des Röhrenapparates mit Gegenströmen für jede Pferdekraft . . . . . . $\frac{1}{1{\cdot}79}$ „

Luftmenge in Kilogrammen, welche in jeder Sekunde verdichtet und erwärmt werden muss, für jede Pferdekraft . . . . $\frac{1}{51{\cdot}7}$ Kilogramm.

Brennstoffaufwand in einer Stunde für jede Pferdekraft . . . . 1·05 „

Absperrung auf 0·375 des Kolbenschubes.

B.

Wenn die Luft auf das Fünffache ihres ursprünglichen Volumens verdichtet und von 10° auf 400° erwärmt werden soll, hat man folgende Regeln:

Querschnitt des Expansionscylinders für jede Pferdekraft . . . . $\frac{1}{126}$ Quadratmeter.

Querschnitt des Cylinders der Verdichtungspumpe für jede Pferdekraft . . . . $\frac{1}{141{\cdot}5}$ „

Heizfläche eines Röhrenapparates mit Gegenströmen für jede Pferdekraft . . . . . $\frac{1}{2{\cdot}8}$ „

Luftmenge, welche in jeder Sekunde verdichtet und erwärmt werden muss, für jede Pferdekraft . . . . $\frac{1}{107{\cdot}7}$ Kilogramm.

Brennstoffaufwand in einer Stunde für jede Pferdekraft . . . . 0·7 „

Absperrung auf 0·3 des Schubes.

Zweite Theorie der Maschine mit Zugrundlegung des potenzirten Mariott'schen Gesetzes.

Bestimmung dieses Gesetzes.

Die vorhergehende Theorie der Maschine wurde unter der Voraussetzung entwickelt, dass die Spannkraft der Luft sowohl während ihrer Verdichtung in der Pumpe, als auch während ihrer Ausdehnung im Treibcylinder, das *Mariott'sche* Gesetz befolge.

Diese Voraussetzung ist aber, wie schon Seite 56 ausgesprochen wurde, eine unrichtige, denn jene Dichtigkeitsänderungen gehen in grossen Gefässen und sehr schnell vor sich, so dass der Wärmegehalt der Luft keine merkliche Aenderung erleiden kann; die Verdichtung wird daher mit steigender, die Verdünnung mit abnehmender Temperatur, demnach nicht nach dem *Mariott'schen* Gesetz erfolgen.

Das wahre Gesetz, nach welchem sich die Spannkraft einer Luftmasse ändert, wenn sie, ohne von aussen Wärme aufzunehmen, oder nach aussen Wärme abzugeben, ihre Dichte verändert, ist nicht bekannt.

Nach Versuchen von *Dulong* hat das Verhältniss der Wärmekapazitäten der atmosphärischen Luft bei gleichem Druck und bei gleichem Volumen einen konstanten Werth $\mu = 1{\cdot}421$, und unter dieser Voraussetzung findet man nach *Poisson* *) die Spannkraft s_1 und Temperatur Θ_1, die in eine Luftmasse eintritt, wenn dieselbe aus einem Zustand, in welchem ihre Dichte ϱ_0, ihre Temperatur Θ_0 und ihre Spannkraft s_0 ist, ohne Aenderung ihres Wärmegehaltes in eine andere Dichte ϱ_1 übergeht, durch folgende Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} s_1 &= s_0 \left(\frac{\varrho_1}{\varrho_0}\right)^{\mu} \\ \Theta_1 &= \left(272{\cdot}5 + \Theta_0\right)\left(\frac{\varrho_1}{\varrho}\right)^{\mu - 1} - 272{\cdot}5 \\ \mu &= 1{\cdot}421 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots \quad (0)$$

Aus dem ersteren dieser Ausdrücke sieht man, dass die Spannkraft der Luft, wenn die Dichte wächst, in einem höheren Grade zunimmt, als die Dichte, dass also das *Mariott'sche* Gesetz gleichsam potenzirt auftritt. Wahrscheinlich ist auch diese Regel nicht

---

*) Traité de mecanique, Tome seconde, Pag. 647.