Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Bedingungen des Maximaleffektes

urn:nbn:de:bsz:31-270981

$\varkappa$ k k_1 $\varkappa_1$ die Kontraktions-Coeffizienten, welche den Oeffnungen ω Ω Ω_1 ω_1 entsprechen;

v_1 die äussere, v_2 die innere, $x = \frac{v_1 + v_2}{2}$ die mittlere Geschwindigkeit des Rades in den Entfernungen R_1, R_2, $\frac{1}{2}(R_1 + R_2)$ von der Axe;

U die absolute Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Leitkanälen tritt;

u_2 u_1 die relativen Geschwindigkeiten des Wassers gegen die Radschaufeln an der oberen und an der unteren Ebene des Rades;

w die absolute Geschwindigkeit des Wassers im Abflussrohr unmittelbar unter dem Rade;

C c C_1 c_1 die Geschwindigkeit des Wassers in den Querschnitten O ω O_1 ω_1;

$\mathfrak{A}$ Druck der Atmosphäre auf einen Quadratmeter;

$\mathfrak{Q}$ Druck auf einen Quadratmeter zwischen den Wassertheilchen in der Ebene zwischen dem Leitrade und dem Turbinenrade;

$\mathfrak{Q}_1$ Druck auf einen Quadratmeter zwischen den Wassertheilchen unmittelbar unter dem Turbinenrade;

$\mathfrak{P}$ Druck auf einen Quadratmeter zwischen den Wassertheilchen, unmittelbar hinter der obern Einlassklappe;

ε Metalldicke der Leitfläche;

ε_1 Metalldicke der Radfläche;

$\varrho = 1000$ Gewicht von einem Kubikmeter Wasser;

$g = 9{\cdot}808$ Beschleunigung durch die Schwere;

E_n Nutzeffekt des Rades in Kilogramm-Metern;

H das totale Gefälle;

h Höhe des Mittelpunktes der Einlassklappe über dem Spiegel des Unterwassers;

h_2 Höhe der unteren Ebene des Rades über dem Spiegel des Unterwassers;

h_1 Tiefe des Mittelpunktes der unteren Ausflussöffnung ω_1 unter dem Spiegel des Unterwassers;

z Höhe des Turbinenrades.

Diese Bezeichnungen vorausgesetzt, wenden wir uns nun zur Entwicklung der Theorie, und wollen zunächst diejenigen Bedingungen aufsuchen, welche dem absoluten Maximum des Effektes entsprechen würden, wenn Reibungen und Störungen in der Bewegung des Wassers nicht stattfänden.

Bedingungen des Maximal-Effektes. Wenn wir die verschiedenen Reibungen des Wassers an den Röhrenwänden und an den Leitflächen und Radflächen vernachlässigen, ferner die Störungen in der Bewegung des Wassers an den Einengungen, so wie beim Uebertritt aus dem Leitrad in das Turbinenrad unberücksichtiget lassen, also eine ideal vollkommene Anordnung voraussetzen, erhalten wir für die Bewegung und Wirkung des Wassers folgende Beziehungen.

Die untere Ebene des Einlaufrades befindet sich in einer Tiefe $H - h - z$ unter dem Wasserspiegel im Zuflusskanal, und in der Ebene zwischen dem Einlaufrad und dem Turbinenrad herrscht eine Pressung, die einer Wassersäule von der Höhe $\frac{\mathfrak{Q}}{\varrho}$ entspricht. Wenn also Reibungen und Störungen vernachlässigt werden, hat man für die Ausflussgeschwindigkeit U aus dem ~~Turbinen~~ Leit rad folgende Gleichung:

$$\frac{U^2}{2\,g} = H - h_2 - z + \frac{\mathfrak{A}}{\varrho} - \frac{\mathfrak{Q}}{\varrho} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Die Bedingungen, dass das Wasser ohne Stoss aus dem Leitrad in das Turbinenrad übertritt, sind: Tafel XI., Fig. 6,

u_2

$$\left.\begin{aligned} \frac{v}{U} &= \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\beta} \\ \frac{\cancel{u^2}}{U} &= \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Auch besteht zwischen diesen Geschwindigkeiten und Winkeln noch folgende Beziehung:

$$u_2 = v^2 + U^2 - 2\,v\,U\cos\alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

welche auch aus den Gleichungen (2) folgt, wenn man β eliminirt.

Die oberhalb und unterhalb des Rades herrschenden Pressungen sind als Wassersäulen ausgedrückt $\frac{\mathfrak{Q}}{\varrho}$, $\frac{\mathfrak{Q}_1}{\varrho}$. Da wir die Reibung des Wassers an den Wänden der Radkanäle vernachlässigen, ferner die wechselseitige Störung der Wassertheilchen nicht in Rechnung bringen, und zugleich voraussetzen, dass jedes Wassertheilchen während seiner Bewegung durch das Rad seine Entfernung von der Axe nicht ändert, so erhalten wir zur Bestimmung der relativen Geschwindigkeit u_1 folgende Gleichung:

$$\frac{u_1^2}{2\,g} = \frac{u_2^2}{2\,g} + \frac{\mathfrak{Q}}{\varrho} - \frac{\mathfrak{Q}_1}{\varrho} + z \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4))$$

Die absolute Geschwindigkeit w, mit welcher das Wasser aus dem Rade hervorkommt, ist:

$$w^2 = u_1^2 + v^2 - 2\,u_1\,v\cos\gamma \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

BADISCHE LANDESBIBLIOTHEK
Baden-Württemberg

Da diese Geschwindigkeit für die vortheilhafteste Effektleistung verschwinden soll, so muss sein:

$$\left.\begin{array}{r} \gamma = o \\ u_1 = v \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

weil wir annehmen, dass das Wasser ohne die geringste Störung von dem Rad weg durch den unteren Cylinder und durch die untere Ausflussöffnung in den Abflusskanal gelange, so besteht die Beziehung:

$$\frac{\mathfrak{Q}_1}{\varrho} + h_2 = \frac{\mathfrak{A}}{\varrho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Da der Druck Q_1 nie negativ werden kann, so darf h_2 nie grösser als $\frac{Q}{\varrho}$ sein, d. h. wenn die Wassermenge unter dem Rad nicht abreissen soll, muss die Höhe der unteren Ebene des Rades über dem unteren Wasserspiegel kleiner sein, als die Höhe der Wassersäule, welche dem Druck der Atmosphäre entspricht.

Hiermit sind nun alle Gleichungen, welche das absolute Maximum des Nutzeffektes charakterisiren, aufgestellt, und wir haben dieselben nun weiter analytisch zu verarbeiten.

Durch Addition der Gleichungen (1), (4) und (7) folgt:

$$\frac{U^2}{2\,g} = H + \frac{u_2^2}{2\,g} - \frac{u_1^2}{2\,g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Setzt man für u_2^2 seinen Werth aus (3) und berücksichtigt, dass $u_1 = v$ sein soll, so findet man:

$$\frac{U^2}{2\,g} = H + \frac{v^2}{2\,g} + \frac{U^2}{2\,g} - \frac{2\,v\,U}{2\,g}\cos\alpha - \frac{v_2}{2\,g}$$

oder:

$$o = H - \frac{2\,v\,U}{2\,g}\cos\alpha$$

und wenn man aus der ersten der Gleichungen (2) den Werth von v einführt, erhält man eine Gleichung, aus welcher folgt:

$$U = \sqrt{g\,H\,\frac{\sin\beta}{\cos\alpha\sin(\alpha+\beta)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Führt man diesen Werth von U in die Gleichungen (2) ein, so folgt ferner:

$$v = \sqrt{g\,H\,\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\sin\beta}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

$$u_2 = \sqrt{g\,H\,\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha\sin(\alpha+\beta)\cdot \mathrm{tg}\,\beta}} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Setzt man den Werth (9) in die Gleichung (1), so folgt aus derselben:

$$\frac{\mathfrak{Q}}{\varrho} = \mathrm{H}\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{\sin\beta}{\cos\alpha\sin(\alpha+\beta)}\right) - \mathrm{h}_2 - \mathrm{z} + \frac{\mathfrak{A}}{\varrho} \quad \ldots \quad (12)$$

Die Bedingungen, welche ausdrücken, dass das Wasser die Kanäle erfüllt, sind:

$$\mathrm{Q} = \Omega\,\mathrm{U}\,\mathrm{k} = \Omega_2\,\mathrm{u}_2 = \Omega_1\,\mathrm{u}_1\,\mathrm{k}_1 \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

Hieraus folgt:

$$\Omega = \frac{\mathrm{Q}}{\cancel{\mathrm{U}}\,\mathrm{k}}$$

\u

$$\Omega_2 = \Omega\,\mathrm{k}\,\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{u}_2}$$

$$\Omega_1 = \Omega\,\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k}_1}\,\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{u}_1}$$

und mit Berücksichtigung von (2) und (6):

\u

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= \frac{\mathrm{Q}}{\cancel{\mathrm{U}}\,\mathrm{k}} \\ \Omega_2 &= \Omega\,\mathrm{k}\,\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} \\ \Omega_1 &= \Omega\,\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k}_1}\,\frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Diese Ergebnisse unserer Theorie werden wir in der Folge zur Aufstellung von Regeln zur Berechnung der Dimensionen von neu zu erbauenden Turbinen benutzen; vorerst aber ist es nothwendig, die richtigen Werthe von Ω, Ω_2 und Ω_1 zu bestimmen.

Bestimmung der effektiven Werthe von Ω, Ω_2, Ω_1. Die Gleichungen (13) sind nur dann richtig, wenn man für Ω, Ω_1, Ω_2 die effektiven, d. h. diejenigen Querschnitte in Rechnung bringt, durch welche das Wasser wirklich strömen kann. Um diese effektiven Werthe von Ω, Ω_1, Ω_2 zu finden, muss man die bei *Jonval*'schen Turbinen nicht unbeträchtliche Dicke der Leit- und Radschaufeln in Rechnung bringen.

Es ist $\frac{2\,\mathrm{R}\,\pi}{\mathrm{i}}$ eine Schaufeltheilung des Leitrades, gemessen an der Peripherie des mittleren Kreises vom Halbmesser R. Betrachtet man das untere Ende jeder Leitschaufel als eine gegen die untere Ebene