DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA

R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI IN TORINO

DA

AMANDOLA FRANCESCO

da Pieve del Cairo (Pavia)

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

TORINO 1865

Tipografia di G. Baglione e Comp.

DEI VENTILATORI

I.

Non è difficile farsi un'idea di un ventilatore, poichè basta immaginare un tamburo fisso chiuso da tutte le parti, il cui asse di figura sia occupato da un albero metallico mobile, armato da parecchie alette piane o curve, che nel loro movimento di rotazione, percorrono la capacità interna del tamburo. Per la rotazione di queste alette, l'aria sarà messa in movimento, e per effetto della forza centrifuga, andrà a raccogliersi alla circonferenza del tamburo per cui si rareferà al centro. — Ma se le due basi del tamburo sono dotate al loro centro di un orifizio, e se la circonferenza del tamburo è aperta, l'aria sarà aspirata per quegli orifizii e respinta fuori da esso per la circonferenza. Si vede allora che se gli orifizii, (detti occhi del ventilatore) o la circonferenza del tamburo, sono in comunicazione con un tubo, o se queste due circostanze hanno luogo contemporaneamente, l'aria sarà aspirata o soffiata nel tubo, o aspirata nell'uno e soffiata nell'altro tubo.

Quantunque rigorosamente tutti i ventilatori siano nello stesso tempo aspiranti e soffianti, si distinguono però generalmente sotto il nome di: *ventilatori aspiranti* quelli che lanciano fuori da tutti i punti della circonferenza del tamburo, l'aria aspirata dagli occhi: *ventilatori soffianti* quelli che aspirano direttamente l'aria circostante per lanciarla in un tubo che comunica colla circonferenza del tamburo; o finalmente sotto il nome di *ventilatori aspiranti e soffianti* quelli che chiamano l'aria per mezzo di tubi di condotta più o meno lunghi applicati agli occhi, e la versano in un canale come i ventilatori soffianti.

II.

I costruttori inglesi, per i ventilatori, sogliono usare la seguente formula empirica

$$a\frac{V^2}{2g}=\frac{v^2}{2g}+h$$

dove V rappresenta la velocità dell'aria all'estremità delle palmette, v quella nel tubo d'esito della medesima, h l'altezza a cui è dovuta la velocità che per le resistenze perde l'aria soffiata nel tubo soffiante, a una quantità da determinarsi sperimentalmente, e costante per lo stesso ventilatore.

Questa formula, la quale deve ritenersi come puramente empirica, può però in parte dedursi dalle seguenti considerazioni. Sia il tubo CDEF, (fig. I) di sezione qualsiasi m, ripieno di liquido omogeneo, ed il quale giri intorno alla retta AB perpendicolare al suo asse con velocità angolare ω.

Se, detta δ la massa contenuta nell'unità di volume, si considera la falda di spessore infinitesimo MmNn di questo liquido collocata alla distanza x da AB, si avrà per l'espressione della pressione (dovuta alla forza centrifuga) esercitata dalla medesima sul liquido compreso tra essa e l'estremo EF del tubo

$$\delta m dx\,\frac{\omega^2 x^2}{x}=\delta m\omega^2 x dx$$

d'onde viene che denotando con r ed R le distanze delle due basi CD ed EF dello stesso tubo dall'asse di rotazione AB, la pressione risultante sofferta dalla base EF sarà:

$$\int_r^R \delta m\omega^2 x dx=\frac{\delta m}{2}\,\omega^2 R^2\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)$$

epperò, detta H l'altezza di una colonna del medesimo liquido, di base m, e il cui peso eguaglia questa pressione, si avrà l'equazione

$$g\delta m H=g\delta m\,\frac{V^2}{2g}\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)$$

ossia: $$H = \frac{V^2}{2g}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

essendo $R\omega$ eguale alla velocità assoluta V, di tutti i punti della base EF.

Ciò posto egli è evidente che questa equazione continuerà a sussistere quando suppongasi che il cilindro liquido CDEF, faccia parte del liquido che sarebbe contenuto nel vaso anullare generato dal cilindro stesso rotando intorno ad AB, ed inoltre che in luogo del liquido venga sostituita dell'aria.

Dunque siccome questo vaso non è altro che un ventilatore senza alcuna comunicazione coll'aria esterna, si ha già per esso

$$H = \frac{V^2}{2g}\left(1 - \frac{r^2}{R}\right)$$

che rappresenta, espressa in colonna d'aria interna, la pressione che si esercita sulla sua parete cilindrica esterna.

Se ora si suppone che nell'interno, fra la base CD e l'asse di rotazione AB, possa continuamente affluire aria a sostituire quella scacciata dal cilindro dalla forza centrifuga per un tubo aperto in un punto della circonferenza esterna di questo vaso, avremo un vero ventilatore. E dicendo v la velocità dell'aria effluente per quest'ultimo tubo, h il battente in questo consumato dalle resistenze passive, avremo la relazione.

$$\frac{v^2}{2g} + h = H$$

che combinata con l'altra posta sopra da

$$\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h$$

Che non è altro se non la formula empirica usata dagli Inglesi in cui si ponga $a = 1 - \frac{r^2}{R^2}$ che è una quantità costante per una stesso ventilatore.

Questa quantità a, che come fu trovata avrebbe un valore minore, o al più eguale all'unità, per un ventilatore vero, è in realtà maggiore di uno. Questo si prova colle seguenti considerazioni:

Il vaso anullare di cui si è fatto parola, si riduce ad un semplice vaso cilindrico ripieno d'aria, quando si faccia $r = 0$, ed allora la pressione sofferta per parte di quest'aria, dalla sua superficie convessa si riduce a quella prodotta dall'altezza $H = \frac{V^2}{2g}$ ma questa pressione rimarrà senza dubbio accresciuta se, come accade nel ventilatore, si suppone primieramente interrotta l'aria contenuta nel vaso da un certo numero di palmette, giacenti in piani i quali passino pel suo asse, tra le estremità delle quali e la superficie convessa del vaso esista alquanto giuoco, perchè possano liberalmente rotare; ed in secondo luogo che per essere lo stesso vaso armato di un tubo di scarico, vi entri nuova aria aspirata dall'esterno, per via di due aperture concentriche e praticate nelle sue basi. Infatti lo strato d'aria compreso tra la superficie convessa del cilindro e le estremità delle palmette, dovendo di necessità più o meno muoversi anch'esso, è chiaro che si svilupperà una nuova forza centrifuga, da aggiungersi a quella che si ha quando questo strato non esiste.

Inoltre, considerando della nuova aria affluente nel vaso, si comprenderà di leggieri che all'estremità delle palmette, ogni filetto di quest'aria oltre alla velocità V, sarà pure dotata di un' altra velocità u, in virtù della quale è portato dal centro verso la circonferenza del vaso; e per conseguenza che la pressione stessa contro la parete di questo vaso, prodotta dall'aria contenuta fra l'asse del vaso e l'estremità delle palmette, diventa quella relativa alla risultante di queste due velocità V ed u, invece di essere dovuta alla forza centrifuga svolta dalla semplice e sola V.

Da tuttociò derivasi adunque che nel ventilatore, il valore di H deve essere sempre eguale a $\frac{V^2}{2g}$ moltiplicato per un coefficiente $a > 1$. La qual cosa del resto si trovò confermata per la prima volta sperimentalmente in Inghilterra almeno pel caso di un certo numero di pale fatte rotare in un tamburo chiuso e ripieno d'aria.

Eccone i risultati:

V	H	a	Osservazioni
m. 72,20	m. 333,4	1,25	H è espressa in metri
67,30	280,0	1,22	d'aria; se ne faceva la
62,30	244,6	1,25	riduzione dopo d'averla
56,50	198,6	1,22	misurata con un mano-
44,00	124,0	1,25	metro.

III.

Le vere esperienze che ci possono condurre ad un valore di a più conveniente per un ventilatore, sono quelle instituite recentemente da

Morin e da Tresca. — Quelle di Morin fatte nel 1861 al conservatorio d'arti e mestieri di Parigi col ventilatore rappresentato nella fig. 3, si dividono in tre serie.

Nella prima serie, il tubo soffiante versava l'aria nell'atmosfera per tutta la sua sezione trasversale, di più si avevano i seguenti dati: $R = 0{,}335$; $r = 0{,}155$; diametro D e lunghezza L del tubo soffiante, rispettivamente eguali m. 0,30 ed a m. 28. A motivo della piccola quantità di cui varia la pressione dell'aria in questo tubo, potendosi la sua velocità riguardare come costante ed eguale a v, p. es. dall'una all'altra estremità di esso, si ha dapprima

$$h = \frac{KL}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

e quindi:

$$a = \frac{v^2}{V^2}\left(1 + K\frac{L}{D}\right)$$

d'onde segue ancora che, detto N il numero dei giri dati dal ventilatore per ogni minuto secondo, e Q il volume d'aria che durante questo tempo si scarica all'estremità del tubo d'esito, saranno

$$V = 2\pi RN \quad v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{a}{1 + K\frac{L}{D}}} V = \frac{\pi^2 D^2 R}{2} \sqrt{\frac{a}{1 + \frac{KL}{D}}} . N$$

cioè Q è proporzionale al numero dei giri, od in altre parole Q è eguale ad N moltiplicato per una quantità β, costante per lo stesso ventilatore. Ed infatti Morin misurando parecchie volte il numero dei giri per mezzo di un contatore, ha potuto riconoscere che il volume Q si conservava proporzionale ad N, cioè risultava sempre eguale a $\beta N = 0{,}099\,N$.

Ritenuto pertanto questo valore di β, ed applicando alle equazioni precedenti i numeri dati in principio di questo capitolo si ricaveranno

$$V = 2{,}1N; \quad v = 1{,}414N \quad \text{ed } a = 1{,}468$$

avendo assunto per K il valore 0,024.

Morin provò pure, nella seconda serie delle sue esperienze, a far esitar l'aria all'estremità del tubo di scarica per una luce assai minore della sezione di questo tubo, cioè di superficie eguale a 0,0314. In questo caso, siccome, dicendo v' ed h' la velocità di efflusso dell'aria ed il battente necessario per produrre questa velocità, si ha $h' = \frac{v'^2}{2g}$; e di più

$\frac{v'^2}{2g} - \frac{v^2}{2g}$ è l'aumento di battente dovuto al restringimento della sezione, l'equazione prima diverrà

$$a\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}\frac{KL}{D} + \left(\frac{v'^2}{2g} - \frac{v^2}{2g}\right) = \frac{v^2}{2g}\cdot\frac{KL}{D} + \frac{v'^2}{2g}$$

e dicendo S ed s la sezione del tubo e quella della luce di efflusso posta all'estremità del medesimo, potendosi considerare come costante la densità, si avrà $sv' = Sv$, per cui $v' = \frac{S}{s}v$ e quindi

$$a\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{KL}{D} + \frac{S^2}{s^2}\right)$$

Di qui come nella esperienza precedente si ricava che il volume di aria Q effluente per 1'' è proporzionale al numero N dei giri dati nello stesso tempo dal ventilatore; e difatti Morin ha trovato $Q = 0{,}065N$, per cui si conchiuderà facilmente che si dovrà avere $v = 0{,}93N$; $V = 2{,}1N$, e finalmente $a = 1{,}376$ cioè, come si poteva prevedere, il valore di a diminuisce al crescere della velocità d'efflusso.

La terza serie di esperienze venne instituita da Morin nel caso di $s = \frac{1}{14}$ S. Misurando egli la velocità di efflusso dell'aria nella sezione contratta, ed avendola trovata eguale a m. 17,33 ne dedusse prima la vera velocità di efflusso $v' = 19{,}6$ dividendo la precedente per 0,88 d'onde si ricava $v = 1{,}4$.

Per determinare a, si cominci ad osservare, che si può, per questa terza serie d'esperienze, ammettere fra v ed N la stessa relazione che per la seconda serie, cioè $v = 0{,}93N$; $V = 2{,}1N$. Ricavando a si trova $a = 1{,}27$, d'onde si conchiude che a diminuisce col diminuire la luce d'efflusso a petto della sezione del tubo.

Altre esperienze di questo genere vennero pur fatte dal Sig. Tresca al Conservatorio d'arti e mestieri di Parigi. Il ventilatore sul quale sperimentò, era al pari di quello usato da Morin, a palmette piane, ma il tamburo che lo racchiudeva era foggiato a spirale (V. tamburo della fig. 6), era un così detto *ventilatore eccentrico*, in cui cioè l'albero a palette non coincideva coll'asse del tamburo; di più l'aria scaricavasi nell'atmosfera appena abbandonato il ventilatore, talchè essendo per esso, privo del tubo di scarico, $h = 0$, la sua equazione riducesi ad $aV^2 = v^2$.

Ecco dopo di ciò, risultati a cui giunse il Sig. Tresca: essendo il raggio $R = m. 0,51$, dedusse $V = 2\pi R \frac{N}{60} = 0,053\,N$, e $\frac{v}{N}$ quasi costantemente eguale a 0,062, ed $a = \frac{v^2}{V^2} = 1,4$ valore concordante con quello trovato da Morin.

N° dei giri per minuto	Valore di v	Valore di $\frac{v}{N}$
526	m. 32,78	0,062
806	50,45	0,062
742	46,12	0,062
305	19,70	0,064
405	25,37	0,063

IV.

Volendo determinare le dimensioni da darsi ad un ventilatore, si comincierà ad osservare in primo luogo, che non converrà mai che esso dia più di 1000 giri per minuto primo; e secondariamente che il valore della pressione dell'aria nell'interno del ventilatore, cioè di

$$H = a\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h$$

in generale non sorpassi i 180 metri d'aria esterna, se il condotto di scarica è diligentemente costruito in lamiera di ferro; ed i m. 100 ove questo condotto sia di semplice muratura, nel qual caso sono inevitabili le fughe.

Oltre di ciò si vuol notare che, supposto eziandio lo stesso tubo di scarico terminato con una luce di minor diametro, si conosce quasi sempre la pressione dell'aria all'estremità di questo tubo, cioè il valore di h', così per es. trattandosi di un ventilatore destinato a soffiare aria per una fucina, richiederassi che h' valga m. 0,04 d'acqua, ossiano metri 33 d'aria esterna. Saranno finalmente anche quantità conosciute, la lunghezza L del tubo di scarica ed il volume d'aria Q da soffiarsi per minuto secondo (a motivo d'esempio risulta dall'esperienza che 23 fuochi di fucina richiedono m. c. 1 d'aria per 1''; e che negli ospedali, ciascun letto abbisogna di m. c. 60 d'aria all'ora). Con tutti questi dati, si potranno già calcolare il raggio R da darsi al ventilatore e le quantità

h, v, D. Infatti, mediante le equazioni $h = \frac{\mathrm{KL}}{\mathrm{D}} \frac{v^2}{2g}, \frac{v^2}{2g} + h = \mathrm{H} = \mathrm{m}.\ 180$ e $\mathrm{Q} = \frac{\pi \mathrm{D}^2}{4} v$ si determineranno i valori di h, v, D: quelli di R e V si otterranno mercè le equazioni pur note $2\pi\mathrm{RN} = \mathrm{V}$ ed $a \frac{\mathrm{V}^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h = \mathrm{m}.\ 180$. In quanto poi a ciò che riguarda il raggio r dell'occhio, e la larghezza l nel senso dell'asse del ventilatore, consigliano i pratici di dare ad essi valori tali che restino soddisfatte le due condizioni

$$2\pi r^2 = \frac{\pi \mathrm{D}^2}{4} \quad \text{e} \quad 2\pi r l = 2\pi \frac{\mathrm{D}^2}{4}$$

Si suole ancora il tubo di scarica fare in principio, e per un certo tratto, di sezione rettangola, la quale naturalmente abbia la larghezza l del ventilatore, e per altezza il valore di b somministrato dall'equazione.

$$lb = \pi \frac{\mathrm{D}^2}{4}$$

Rimane dopo tutto ciò, per compiere lo stabilimento del ventilatore, che venga fissato il numero delle sue palmette. Or bene a questo proposito diremo solo, che si deve assumere sempre un numero di palmette tale, che dall'estremo di una di esse AB (fig. 2) abbassando una perpendicolare su quella consecutiva ED, questa perpendicolare BC non tagli mai la luce d'ingresso dell'aria nel ventilatore. D'onde segue che il numero di quattro palmette, che s'incontra in alcuni ventilatori, è insufficiente. Lo stesso numero poi può anche salire fino a dieci.

V.

Dicesi effetto utile dei ventilatori, il rapporto fra il lavoro speso e quello che effettivamente consuma il ventilatore medesimo. Per ciò che riguarda il lavoro speso, siccome non si conosce ancora il modo di determinarlo analiticamente, si misurerà direttamente sull'albero della puleggia motrice col freno dinamometrico di Prony, o con qualsiasi altro mezzo che la meccanica suggerisce; e noi supporremo che siasi trovato eguale a L_m. In quanto al secondo lavoro, si osserverà primieramente che esso si può considerare composto di due parti distinte: 1° del lavoro fatto per ridurre il volume Q d'aria aspirata alla pressione esterna p, ad un volume assai minore Q' e pressione p' maggiore dell'esterna: 2° del lavoro necessario perchè quel volume Q' d'aria venga cacciato fuori dal ventilatore, ossia del lavoro che il ventilatore deve fare per spingere quel volume d'aria fino al principio del tubo soffiante, senza più costiparlo. La pressione p' corrispondente al volume Q' deve essere tale, che l'aria possa correre lungo il tubo soffiante, vincendo le resistenze che in esso incontra.

La variazione di pressione da p a p' non essendo molto grande, potremo supporre che il costipamento si faccia a temperatura costante, cioè secondo la legge di Mariotte. Pertanto considerando un volume q d'aria intermedio fra Q e Q', a cui corrisponda una pressione ϖ, e supponendo che continui il costipamento, nell'istante consecutivo a quello a cui si riferisce il volume q, la variazione di volume subita da questo volume in quest'istante sarà dq; la pressione potrà ritenersi come costante per quel tempuscolo; e il lavoro sviluppato nella compressione elementare sarà

$$-\varpi\, dq$$

il segno meno si pone perchè qui la funzione è decrescente.

Questo lavoro elementare integrato fra Q e Q' ci darà tutta la prima parte del lavoro fatto dal ventilatore, e sarà

$$\int_{Q}^{Q'} -\varpi\, dq$$

Ora per la legge di Mariotte, che è applicabile in questo caso, si ha $pQ = p'Q' = \varpi q$, per cui si può ricavare

$$\varpi = \frac{pQ}{q}$$

che sostituito nell'espressione sopra, darà:

$$\int_{Q}^{Q'} -\varpi dp = \int_{Q}^{Q'} -pQ\frac{dq}{q} =$$

$$= -pQ\, log.\frac{Q'}{Q} = pQ\, log.\frac{Q}{Q'} = pQ\, log.\frac{p'}{p} = pQ\, log.\left(1 + \frac{p'-p}{p}\right)$$

Ed osservando che $\frac{p'-p}{p}$ è una quantità piccolissima, si potrà sviluppare il logaritmo in serie e si avrà

$$log.\left(1 + \frac{p'-p}{p}\right) = \frac{p'-p}{p} + \frac{1}{2}\left(\frac{p'-p}{p}\right)^2 + \dots\dots\dots$$

e trascurando tutti i termini dello sviluppo meno il primo si ha ancora

$$log. \frac{p'}{p} = \frac{p' - p}{p}.$$

che sostituito nell'espressione del lavoro ci dà per esso

$$Q\ (p' - p)$$

Se ora rappresentiamo con H l'altezza di colonna d'aria esterna che ha per sezione l'unità superficiale, ed il cui peso è capace di produrre una pressione eguale a $p' - p$, essendo p' e p espressi in kilogrammi sul metro quadrato, l'espressione della prima parte del lavoro sarà così espressa dal prodotto.

$$1,\ 3.\ Q.\ H$$

ove H non è altro fuorchè quel battente, che l'aria deve avere all'origine del tubo soffiante, per poter correre lungo il medesimo colla voluta velocità v, e vincere tutte le resistenze che può incontrare durante questo tragitto.

Resta ora che si parli della seconda parte del lavoro, di quello cioè che deve fare il ventilatore per portare il volume d'aria Q ridotto a Q', dagli occhi fino al principio del tubo soffiante.

Questo lavoro sarà p'Q'; ma però mentre nell'interno del ventilatore si fa il lavoro $1,3\ Q\ H + p'\ Q'$, la pressione atmosferica esterna p, caccia dentro del medesimo un volume d'aria Q a pressione costante p, cioè il ventilatore riceve dall'atmosfera un lavoro pQ che sappiamo essere uguale a p'Q'; dunque esso non è più obbligato a farlo, cosicchè il lavoro che si deve propriamente compiere dal ventilatore sarà unicamente quello espresso da

$$1,\ 3\ Q\ H = 1,\ 3\ Q\ \frac{v^2}{2g}\left(1 + \frac{KL}{D}\right)$$

e quindi l'effetto utile sarà

$$\frac{1,\ 3.\ Q\ \frac{v^2}{2g}\left(1 + \frac{KL}{D}\right)}{L_m}$$

VI.

Il sig. Morin che instituì delle esperienze anche intorno all'effetto utile de' ventilatori, adoprò, per determinarlo, una formula più semplice bensì, ma meno esatta della precedente. Egli non tenendo conto, nel lavoro svolto dal ventilatore, della parte consumata dall'attrito lungo il tubo di scarico $1,3Qh = 1,3Q \frac{v^2}{2g} \frac{KL}{D}$, assunse come espressione dell'effetto utile $\frac{1,3Q \frac{v^2}{2g}}{L_m}$, con cui calcolò i numeri della terza colonna del seguente quadro.

Se si fa il rapporto tra l'espressione trovata nel capitolo precedente e questa di Morin, si troverà per questo rapporto $\left(1 + \frac{KL}{D}\right)$, numero per cui senza dubbio vorranno essere moltiplicati i risultati da esso rinvenuti affine di correggerli.

Questi prodotti sono registrati nella quarta colonna del quadro, la quale per conseguenza s'intitolò *effetto utile corretto.* Il tubo di scarico sul quale Morin sperimentò, aveva per diametro D = m. 0,30 e per lunghezza L = m. 28; onde $1 + \frac{KL}{D} = 3,24$.

N° dei giri per 1"	Q	Effetto utile	Effetto utile corretto
438	0,777	0,11	0,35
520	0,905	0,13	0,41
660	1,081	0,144	0,45
848	1,282	0,15	0,48

Si è già visto che quando il tubo di scarico, per es. di sezione S, non versa l'aria per tutta questa sezione, ma solo per una luce d'area s, la perdita di battente sofferta dall'aria nel percorrere questo tubo e poscia scaricare nell'atmosfera, ossia il valore di

$$a \frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h \text{ diventa } \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}\frac{KL}{D} + \left(\frac{v'^2}{2g} - \frac{v^2}{2g}\right) = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{KL}{D} + \frac{S^2}{s^2}\right)$$

di qui segue che nello stesso caso, si avrà per l'espressione dell'effetto utile del ventilatore

$$\frac{1,3\,Q \frac{v^2}{2g}\left(\frac{KL}{D} + \frac{S^2}{s^2}\right)}{L_m}$$

Il sig. Morin instituì pure delle esperienze ad oggetto di conoscere l'effetto utile di così fatti ventilatori. In quello da lui esplorato, erano i valori di S, s, L e D rispettivamente m. q. 0,07, m. q. 0,0314, m. 28 e m. 0,30.

Ma egli, pel calcolo degli effetti utili di questo ventilatore, in ciascuna esperienza, consegnati nel quadro seguente, non si valse della formola precedente, sibbene di quest'altra più semplice, ma erronea.

$$\frac{1,3\,Q\dfrac{v'^2}{2g}=1,3\,Q\dfrac{v^2}{2g}\dfrac{S^2}{s^2}}{L_m\qquad L_m}$$

Quindi analogamente a quanto si fece pei ventilatori, i cui tubi di scarico versavano nell'aria a sezione libera, nella 3ª colonna del medesimo quadro si trovano registrati gli stessi effetti utili corretti, ossiano i prodotti dei numeri contenuti nella seconda colonna pel rapporto

$$\frac{\dfrac{KL}{D}+\dfrac{S^2}{s^2}}{\dfrac{S^2}{s^2}}$$

tra la formola vera e quella impiegata da Morin. Il valore di questo rapporto, sostituendo alle lettere i numeri dati poco sopra, si trova eguale a 1,46. In riguardo al numero dei giri che Morin in ogni esperienza faceva dare al ventilatore, lo faceva variare da 450 a 846.

Valore della velocità V	Effetto utile	Effetto utile corretto
m. 16,46	0,238	0,34
19,96	0,322	0,47
28,75	0,42	0,61

Si ebbe già occasione altrove di far parola del ventilatore sul quale Tresca instituì le sue esperienze. Allora si disse che questo ventilatore, oltre all'avere il tamburo foggiato a spirale d'Archimede, era privo di tubo di scarico, cioè versava immediatamente l'aria nell'atmosfera. In grazia di questa seconda circostanza egli è evidente che il signor Tresca non dovea più curarsi della parte di lavoro, che nel ventilatore di Morin rimane speso nel vincere l'attrito lungo il tubo di scarico; ma solo tener conto dell'altra $1,3\,Q\,\frac{v^2}{2g}$ necessaria per imprimere all'aria la velocità deflusso v. Così egli fece appunto, misurando ad ogni volta questa velocità con un anemometro; epperciò gli effetti utili da lui trovati e riferiti nel seguente quadro vogliono ritenersi come esatti.

N° dei giri per 1''	Volume d'aria soffiato	Effetto utile
305	0,413	0,133
403	0,583	0,24
526	0,754	0,40
621	0,888	0,54
700	1,002	0,58
817	1,175	0,64

Volendo, dopo tutto quanto fin qui si espose intorno all'effetto utile dei ventilatori, tirare una conclusione, ripeteremo che uno dei principali motivi, per cui dai pratici oggigiorno ancora si hanno idee tanto dissonanti a questo proposito, si è che non si pensò mai a tener calcolo del lavoro consumato dalle resistenze passive nel tubo di scarico, oltre di quello necessario per imprimere all'aria la forza viva sufficiente, affinchè possa giungere alla fine di questo tubo con una determinata velocità.

Prendendo in considerazione questo lavoro resistente, ed avuto il debito riguardo ai risultati sperimentali riferiti in questo e nel precedente capitolo, si può ritenere in media l'effetto utile dei ventilatori in generale siccome uguale al 40 per 0/0.

VII.

Quando le palmette del ventilatore sono piane, senza dubbio la velocità dell'aria relativa alle palmette, diminuisce dal centro alle estremità delle medesime, perchè s'ingrandisce sempre più la sezione degli scompartimenti in cui le palmette medesime dividono l'interno del ventilatore. Per tema che ciò possa indurre un decrescimento nell'effetto utile, alcuni suggeriscono di dare alle palmette, e quindi anche al tamburo, nel senso dell'asse del ventilatore, una forma trapezia, come scorgesi nella fig. 3. Se questa modificazione realmente influisca sopra l'effetto utile del ventilatore, fino ad ora nessuna esperienza ha potuto confermarlo.

Tornano assai vantaggiose le palmette piane inclinate, o quelle ricurve (figure 5 e 6) non per aumentare l'effetto utile, ma solo il volume d'aria soffiato dal ventilatore. Nel primo caso l'angolo più conveniente che la palmetta deve fare col raggio del tamburo si trovò di 43°. Nell'altro caso incurvando la pala sino a diventare tangente al tamburo, si arriva ad ottenere un volume d'aria doppio di quello che si ha colle pale piane e dirette nel senso del raggio del tamburo.

Ad ovviare, od almeno rendere meno intenso l'ingrato rumore prodotto dalla vibrazione delle palmette, si suole foggiare ad imbuto l'ingresso dell'aria nell'interno del ventilatore, per guisa che la sua parete secondi la contrazione della vena d'aria affluente. Giova altresì, onde evitare l'urto della vena d'aria che dalle due parti entra nel ventilatore, lo scompartire l'interno di quest'ultimo in due, mediante un diafragma circolare di raggio bastantemente grande, e contenuto in un piano perpendicolare al suo asse.

VIII.

Ventilatore di Lloyd e suo effetto utile. Contenuto questo ventilatore in una cassa cilindrica di ghisa, ha le palmette armate e solidariamente congiunte a due superficie coniche troncate, di cui l'asse è quello stesso del ventilatore, e le basi giacenti di conseguenza in piani paralleli, sono però a distanza conveniente l'una dall'altra per dar passo all'aria aspirata pure per due occhi scolpiti nelle basi della cassa del ventilatore concentricamente alle medesime. Questo ventilatore è munito del diaframma, di cui si fece parola nel capitolo precedente. Vantaggi principali sono: 1° di soffiare, a parità di proporzioni nelle dimensioni, un volume d'aria maggiore: 2° non permette alle palmette vibrazioni di sorta, con che affatto nullo riesce il rumore che si ode negli altri ventilatori. L'effetto utile non è però più grande, come ebbero a dimostrare le esperienze che lo stesso Morin instituì sopra uno di cotesti ventilatori, ed i cui risultati trovansi nel prospetto che segue. Il raggio di questo ventilatore R era eguale a m. 0,385; la lunghezza ed il diametro del tubo di scarico erano eguali L $=$ m. 26 e D $=$ 0,30. Morin trovò, dietro molte prove, che, come nei ventilatori fin qui considerati, il volume d'aria soffiato Q è proporzionale al numero dei giri N, o più precisamente uguale a 0,098 N. Inoltre egli facendo girare a vuoto, cioè colla luce d'efflusso chiusa, lo stesso ventilatore, trovò pure che il massimo valore della pressione dell'aria nel suo interno è di m. 150 d'aria esterna, ossia che si ha $\frac{v^2}{2g} + h = a\frac{V^2}{2g} =$ m. 150.

Mediante tutti questi dati sarà facile il ricavare che

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = 1{,}4N, \quad V = 2\pi RN = 2{,}418N$$

epperò che

$$a = \frac{\frac{v^2}{2g}\left(1 + \frac{KL}{D}\right)}{\frac{V^2}{2g}} = 1{,}04$$

ossia che il valore del coefficiente a nel ventilatore di Lloyd è prossimo all'unità; d'onde segue che l'equazione sua, sarà con grande approssimazione

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h$$

I numeri della quinta colonna del quadro seguente furono calcolati moltiplicando quelli della quarta pel noto rapporto

$$\frac{1{,}3Q\,\frac{v^2}{2g}\left(1 + \frac{KL}{D}\right)}{1{,}3Q\,\frac{v^2}{2g}} = 3{,}08$$

giacchè qui pure Morin determinò gli effetti utili erroneamente, cioè colla formula

$$\frac{1{,}3Q}{L_m}\,\frac{v^2}{2g}$$

Va senza il dirlo che il tubo d'uscita dell'aria scaricava a sezione libera appieno

N° dei giri	Q	v	Effetto utile	Effetto utile corretto
447	0,763	10,9	0,112	0,344
505	0,819	11,7	0,100	0,308
625	1,015	14,5	0,137	0,422
777	1,230	17,0	0,170	0,523

IX.

I ventilatori fin qui considerati sono soffianti; ognuno di essi si può cangiare in semplicemente aspirante, ponendo solo in comunicazione con un tubo le luci sue centrali d'ingresso dell'aria, e lasciando inoltre che il ventilatore scarichi immediatamente nell'aria. — D'ordinario però i ventilatori aspiranti hanno la seguente disposizione: come nel ventilatore premente di Lloyd (fig. 7), le palmette sono ricurve, ed in modo stabile congiunte a due superficie coniche troncate, aventi per loro asse quello stesso del ventilatore, e le basi a distanza conveniente l'una dall'altra: esse pescano in una cassa, nella quale operasi l'aspirazione dell'aria per via di un tubo comunicante colla cassa medesima; ed affinchè dalla parte superiore di quest'ultima, non possa entrare in essa altr'aria oltre di quella aspirata pel tubo ora accennato, si fanno scorrere i lembi delle basi minori dei tronchi di cono sovraccennati, a dolce fregamento, entro appositi anelli fissi in un colla cassa del ventilatore. Citeremo fra i ventilatori aspiranti eziandio quello di Combes, (fig. 8), il quale suole applicarsi alla bocca dei pozzi delle miniere affine di produrre in essi, estraendone l'aria, la ventilazione. In questo ventilatore le palmette anche incurvate e volubili intorno ad un asse verticale coincidente con quello del pozzo sono collegate tra di loro superiormente, per via di un largo disco metallico solidario coll'albero ora nominato del ventilatore, ed inferiormente col mezzo di una corona circolare pure metallica, il cui raggio interno eguaglia presso a poco il raggio del pozzo.

Oltre di ciò questa corona girevole di conseguenza colle palmette, porta sulla sua circonferenza esterna, ed al dissotto di se medesima, un anello di conveniente altezza, nel senso naturalmente dell'asse del ventilatore, il quale si muove entro un'apposita scanalatura scolpita in un altro anello fisso sopra la bocca del pozzo. In così fatta scanalatura, si procura che si contenga sempre dell'acqua, affine di impedire all'aria esterna di rientrare nel pozzo. Finalmente aggiungeremo che il movimento di rotazione all'albero del ventilatore, si trasmette mediante una puleggia montata sopra quest'albero al di sopra delle palmette.

Un gran numero di esperienze instituì pure Morin sopra i ventilatori aspiranti. Misurando con un anemometro ed un contatore, la velocità dell'aria v, nel tubo d'aspirazione, ed il numero N dei giri dati dal ventilatore; dopo parecchie prove ebbe a convincersi, che come nei ventilatori prementi il volume d'aria aspirato Q è proporzionale ad N ed eguale ai 0,0744 di questo numero. Dopo di ciò nel ventilatore sul quale Morin sperimentò, essendo $R = $ m. 0,385, il diametro e la lunghezza del tubo aspirante eguali; D a m. 0,30, ed L a m. 26, si ricaveranno facilmente $V = 2{,}42\ N$; $v = 1{,}06\ N$ ed $a = 0{,}58$. Donde si conchiuderà per l'equazione atta allo stabilimento di qualsivoglia ventilatore aspirante

$$0{,}58\,\frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h$$

rappresentandosi con h il battente consumato dall'aria nel vincere gli attriti nel tubo d'aspirazione.

Per ciò che riguarda l'effetto utile dei ventilatori medesimi, ci limiteremo a riferire nello specchietto seguente i risultati ottenuti dallo stesso Morin, aggiungendovi in una quarta colonna la solita correzione, cioè i prodotti dei numeri della terza pel valore del più volte citato rapporto

$$1 + \frac{KL}{D}$$

uguale nel caso attuale a 3,08.

N° dei giri	Valore di Q	Effetto utile	Effetto utile corretto
202	0,25	0,067	0.20
212	0,312	0,091	0,28
276	0,466	0,115	0,34
384	0,476	0,098	0,30
446	0,553	0,120	0,36

X.

Ventilatori a vite — Un ventilatore a vite od elice consiste in una vite a largo e sottilissimo pane, la quale può girare, attorno al suo asse, mobile entro di una cassa cilindrica immobile, tale che fra le pareti interne di questa cassa e l'estremità della vite vi è solo lo spazio necessario perchè questa possa girare. Questo ventilatore dicesi anche vite pneumatica.

Uno dei migliori fra questi ventilatori è quello di Guerrin, (fig. 9), il quale consta di palmétte piane disposte lungo un albero, intorno al quale debbono girare, in guisa da formare nel loro assieme, due superficie elicoidi di egual passo, ed opposte l'una all'altra. Il tutto poi è contenuto in un grande cilindro avente per asse quello stesso delle palmette, ed aperto alle due basi a foggia d'imbuto. Il modo d'agire di questo ventilatore è analogo a quello che si vede in idraulica per la vite o coclea d'Archimede; e si comprenderà di leggieri, dalla breve descrizione fattane, che esso può essere aspirante o soffiante a seconda del verso con cui vien fatto girare.

Quantunque questi ventilatori sieno ancora presso che abbandonati, tuttavia riferiremo alcuni risultati d'esperienze state instituite sovra di essi da Morin.

Egli trovò che essendo R = m. 0,24, il passo dell'elica direttrice eguale a m, 1,40 si hanno

Q = 0,0438N e per l'effetto utile da 0,03 à 0,09

o meglio eseguendo la solita correzione

da 0,09 a 0,27

variando il numero dei giri da 108 a 822 se il ventilatore adoperasi come aspirante. Impiegandolo come premente, esso trovò per l'effetto utile da 0,015 a 0,046 (variando il numero dei giri da 150 a 765) ed a correzione fatta

da 0,048 a 0,15

Vuolsi notare, che nel secondo caso Morin si servì di un tubo di scarico di diametro D = m. 0,30 e della lunghezza di m. 28. Non si deve passare sotto silenzio che oltre il loro tenue rendimento, i ventilatori a vite hanno l'inconveniente piuttosto grave di non poter impedire a che una parte dell'aria aspirata o soffiata, ritornando indietro sfugga per l'apertura della cassa del ventilatore per cui essa è entrata. Questo è confermato dal fatto che accostando vicino a questa apertura un lume, si vede la fiamma ad inclinarsi sensibilmente.

XI.

Prima di por fine e questo tanto breve quanto imperfetto scritto, accennerò ancora un nuovo ventilatore, presentato in questi ultimi mesi dal sig. Perrigault meccanico di Rennes, al Conservatorio dell'arti e mestieri di Parigi, e sul quale sperimentò il sig. Tresca.

Questo ventilatore a palette piane, può condurre la pressione dell'aria fino a quella che è misurata da una colonna d'acqua dell'altezza di m. 0,75; pressione che fin ora non si è potuto ottenere coi ventilatori ordinari. Il medesimo è doppio, vale a dire, è composto di due altri ventilatori semplici disposti in tal maniera, che l'aria soffiata dal primo, va ad alimentare il secondo, il quale opera allora sopra l'aria già compressa, a cui aumenta a sua volta la compressione in una proporzione considerevole. I tamburi dei due ventilatori, sono cilindri a sezione quasi circolare, ma eccentrici rispetto agli assi dei volanti, i quali hanno m. 0,60 di diametro, e portano ciascuno otto palette equidistanti, formanti raggi. Il giuoco che esiste fra l'estremità delle palette e la circonferenza del tamburo, va aumentando dall'entrata di m. 0,04 fino alla sortita di m. 0,10. L'apertura d'introduzione al centro, è di m. 0,26 di diametro; e quella del secondo tamburo è raccordata al tubo soffiante del primo per mezzo di un tubo di egual sezione, foggiato in modo da diminuire tanto che è possibile le perturbazioni che deve necessariamente produrre. La larghezza di ciascun tamburo è di m. 0,125, ma quella delle palette è solo di m. 0,075. Il movimento si trasmette all'albero comune dei due volanti per mezzo di una puleggia posta fra i due tamburi, i quali sono separati l'uno dall'altro di m. 0,225. Questa puleggia ha un diametro di 0,092, e la larghezza della sua corona è di 0,130. L'albero è portato da due larghe mensole, nelle quali i cuscinetti hanno una lunghezza sestupla del diametro dei colletti. Si sa che l'esagerazione di questa dimensione è favorevolissima al funzionamento di tutti gli alberi a gran velocità. Nelle esperienze il movimento era trasmesso alla puleggia del ventilatore per l'intermezzo di un dinamometro di rotazione a stiletto, la cui puleggia aveva un diametro di 0,28. Si son potuti ottenere dei buoni risultati fino alla velocità di 300 giri di questo strumento. Il numero dei giri era contato da un contatore meccanico montato sopra l'albero del dinamometro.

Le pressioni dell'aria si sono misurate con un tubo manometrico.

Due serie di esperienze si sono fatte; l'una con una sezione d'efflusso di diametro eguale a 0,068, ciò che corrisponde ad una sezione libera di passaggio eguale a mq. 0,0033, adottando un coefficiente di riduzione per la portata di 0,9. Per l'altra serie si aveva il diametro della sezione d'esito eguale a 0,102, per cui l'area era 0,00735 essendo lo stesso il coefficiente di riduzione. Il rendimento medio, dato dalle esperienze, è stato: per la prima serie 0,408; per la seconda 0,485.

Tutti i calcoli sono stati verificati dal sig. Giuseppe Farcot, che si unì a Tresca nel fare queste esperienze.

Dalle suddette esperienze si ricava:

1° Che nella prima serie delle medesime, la colonna d'aria ha sollevata l'acqua nel tubo manometrico fino a stabilire un dislivello di m. 0,735 con una velocità del volante di 1908 giri per minuto; che nella seconda serie questo dislivello non si è sollevato che a m. 0,400 per una velocità di 1622 giri del volante.

2° Che per conseguenza, il ventilatore doppio di Perrigault può fornire industrialmente delle pressioni d'aria misurate da altezze eguali a 0,735 e m. 0,400, vale a dire delle pressioni molto maggiori che non coi ventilatori ordinari. Questo aumento di pressione è dovuto a ciò che l'aria spinta fuori dal primo volante, è introdotta nel secondo tamburo con una pressione già notevolmente maggiore che la atmosferica, e che in questo stato, il secondo volante opera sopra aria già compressa.

3° Che col mezzo di questa combinazione, la velocità dell'aria all'uscita del secondo tamburo è meno che doppia della velocità delle palette alla loro circonferenza, e che essa aumenta insieme con questa. Il rapporto medio tra queste due velocità è 83,71 : 46,24 = 1,81.

4° Che nella seconda serie, ed in seguito all'aumento di apertura della sezione d'esito, questo rapporto si riduce a 69,72 : 44,94 = 1,55 e dimostra ancora che la velocità dell'aria soffiata è naturalmente maggiore che la velocità alla circonferenza delle palette,

5° Che per conseguenza la disposizione doppia adottata dal sig. Perrigault, rende il ventilatore a palette piane applicabile in condizioni di pressione che non si ottenevano fino ad oggi colle altre macchine soffianti.

Ognuno può vedere l'importanza di questo trovato del sig. Perrigault, il quale permette di applicare il ventilatore in luogo delle macchine soffianti, alle quali a parità di rendimento è preferibile per la sua semplicità e per la sua facile installazione, cosa che non si poteva fare coi ventilatori ordinarii in certi casi, poichè è dimostrato che questi sono apparecchi poco vantaggiosi per l'utilizzazione della forza motrice.

AMANDOLA FRANCESCO.

TESI LIBERE

Meccanica applicata

Pendolo conico di Watt.

Macchine a vapore

Trasmissione del calore attraverso le lastre metalliche. — Determinazione della superficie di riscaldamento di una caldaia a vapore.

Costruzioni

Apparecchio elicoidale per la costruzione dei ponti obliqui.

Geometria pratica

Livello a bolla d'aria con cannocchiale.

Fig. 1.

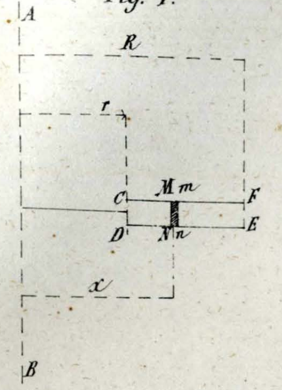


Fig. 2.

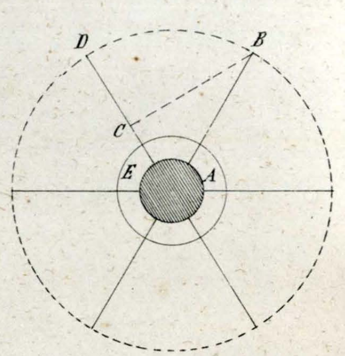


Fig. 3.

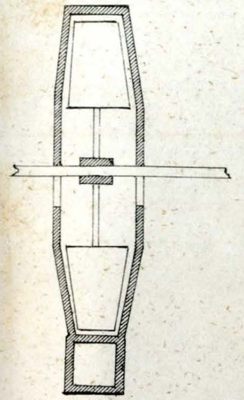


Fig. 4.

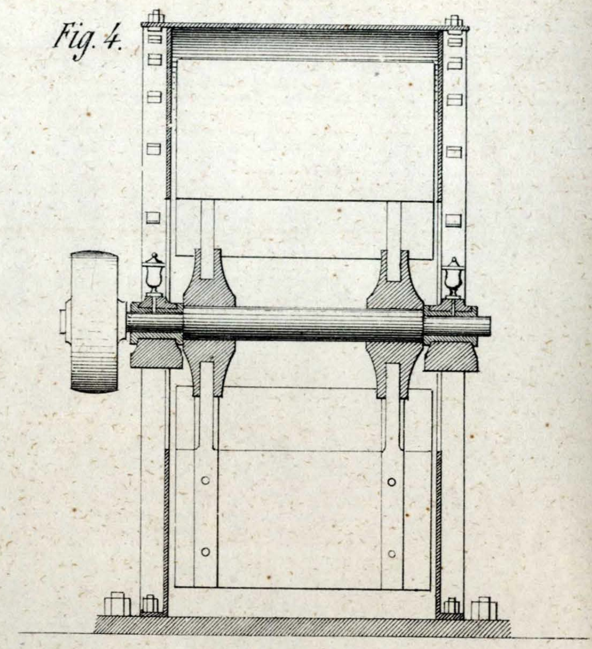


Fig. 5.

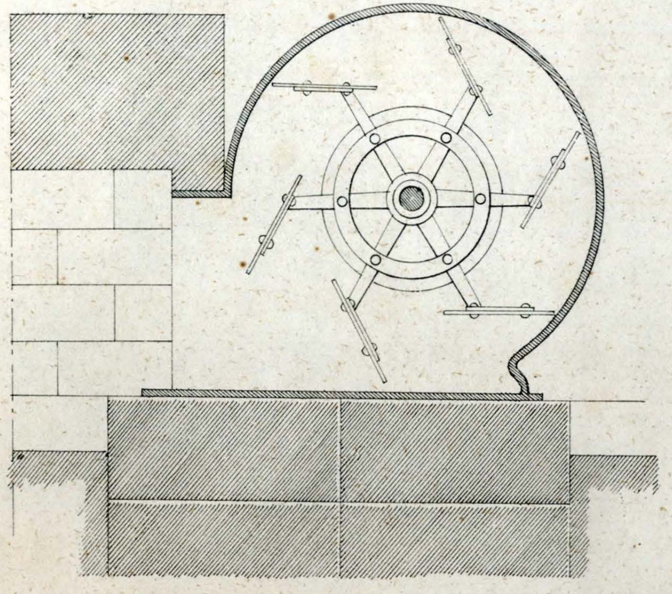


Fig. 6.

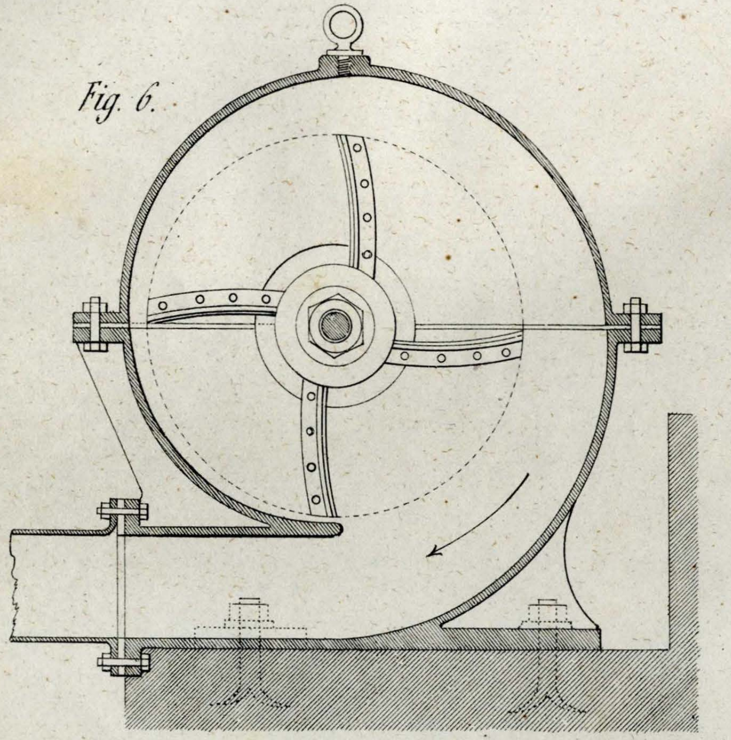


Fig. 7.

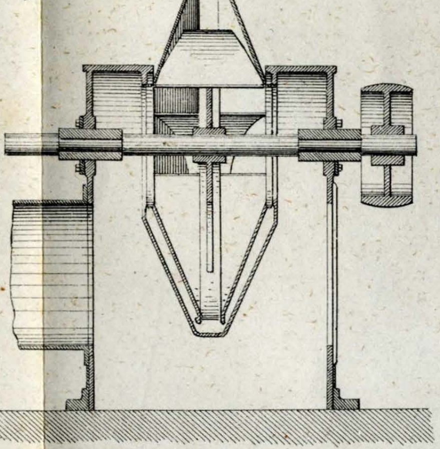


Fig. 8.

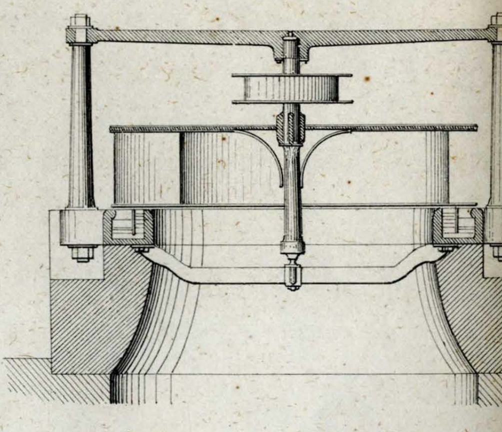
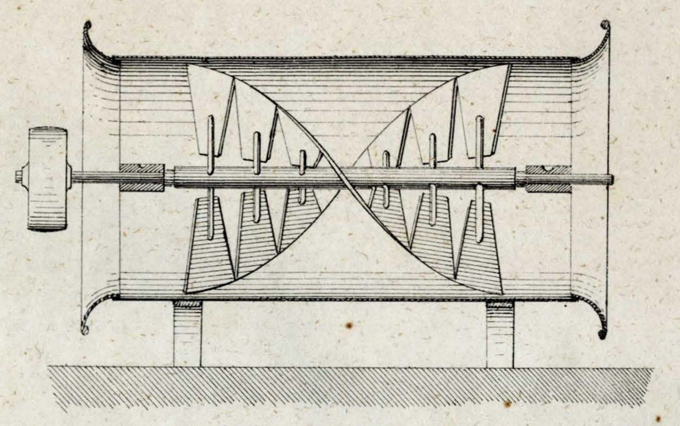


Fig. 9.



Autolit. Giordana e Salussolia, Torino.