

tabande in pietra, con il rinforzo di sezioni metalliche, che fanno pensare ad una profezia del cemento armato. Infine si riprendeva ad avvitarsi verso l'alto entro la doppia scala elicoidale della guglia, in un ambiente più allucinante di quelli immaginati dalla fantasia di Jules Verne. La fotografia del Sartoris ce ne dà un pallido suggerimento (fig. 3). Una acrobazia vertiginosa di colonne forti e dinamiche.

La bella favola si arricchiva passo a passo con la stupefacente osservazione di ogni particolare, dove mai era assente l'unghia leonina del genio riplasmatore.

Gioco continuo con le difficoltà.

Vittoria sempre della ragione. Gioco ardito. Davvero inutile?

Ma perchè dire inutile il trastullarsi del genio su un tema squisitamente ed essenzialmente tecnico qual'è il concetto dell'economia di peso ad oltranza?

Antonelli inizia l'aratura del tradizionale campo della costruzione lapidea e dà un esempio di come si debbono impostare moderatamente i problemi della costruzione anche negli altri campi. Il suo vomere era necessario come affermazione di metodo mentale.

Si ricordi che la Mole fu iniziata nel 1863; agli albori della scienza della costruzione in quel quarto di secolo in cui a Torino Menabrea

e Castigliano si trastullavano disinteressatamente sui fondamenti delle teorie del potenziale elastico.

Sia benedetto quel suo gioco inutile, che, in ultima analisi, non fu che un aspetto del « gioco inutile » col quale questa vecchia Europa cambiò volto al mondo.

Noi piangiamo sulla rovina della documentazione monumentale di questa lezione eroica che fu una delle glorie di una tipica città europea, posta proprio in quel lembo del continente che fu culla della civiltà che oggi tutti, degnamente ed indegnamente, sfruttano per scopi utilitari.

Augusto Cavallari - Murat

## Un problema di trasmissione del calore a bassa temperatura

Si tratta della trasmissione del calore dai tubi degli evaporatori ricoperti di brina, rilevando la complessità del fenomeno e fornendo formule impostate sulla rielaborazione di non recenti, ma accurate esperienze dirette, relative a casi di convezione spontanea e di convezione forzata. Queste formule mettono in rilievo le condizioni limiti di brinatura e l'influenza dell'umidità relativa dell'aria sui coefficienti di trasmissione.

1. - Il problema che ci si propone di sviluppare si incontra di frequente nelle applicazioni frigorifere ed i fenomeni a cui esso si riferisce sono ben noti a tutti i pratici di questi impianti.

Sovente, al diminuire della temperatura superficiale dei tubi evaporatori, dapprima si forma un sottile velo liquido rigato da goccioline d'acqua condensata, poi questo velo congela e si forma uno strato di brina, crescente col tempo dapprima rapidamente, poi sempre più lentamente. È l'umidità dell'aria che nella zona a contatto del tubo giunge alla saturazione e vi si deposita. Si tratta di uno strato più o meno soffice e spugnoso, di cristalli aghiformi di ghiaccio compenetrati strettamente, ma non tanto da non lasciare fra loro dei vani nei quali l'aria, resa più densa e viscosa dalla bassa temperatura, è quasi imprigionata, contribuendo a conferire qualità, non desiderate, di coibenza allo strato stesso.

Ci si trova di fronte ad un fenomeno caratteristico di trasmissione di calore in regime transitorio, pur tendendo col tempo la quantità di vapore che si deposita cristallizzando a divenire sempre più piccola, perchè al crescere dello strato si riduce la differenza fra la tensione del vapore acqueo nell'aria ambiente e la tensione stessa a contatto della superficie dello strato freddo.

L'impostazione rigorosa del problema è piuttosto complicata e risparmiamo ai lettori le equazioni differenziali che lo reggono e la cui soluzione appare troppo laboriosa e del resto sotto vari aspetti alquanto incerta per essere utilizzata nella pratica corrente.

2. - Se ci limitiamo allo stato di regime quasi stazionario che si raggiunge dopo un numero suffi-

ciente di ore, alle condizioni cioè che corrispondono ad un accrescimento piccolo e pressochè costante nel tempo dello strato cristallino, le espressioni analitiche che traducono il problema per un tubo evaporatore divengono facilmente interpretabili e impiegabili per gli scopi che qui appaiono di prevalente importanza. Difatti la quantità di calore  $q$  ceduta nell'unità di tempo alla superficie esterna dello strato cristallino si può ritenere somma della quantità  $q_i$  irradiata dalle pareti circostanti, di quella  $q_c$  addotta per contatto dall'aria, e infine di quella  $q_b$  corrispondente al deposito di brina: Cioè:

$$q = q_i + q_c + q_b \quad (1)$$

Tenendo conto che le differenze di temperatura in giuoco in questi fenomeni sono piccole (dell'ordine di qualche decina di gradi) e facendo riferimento alla superficie esterna  $S_e$  dello strato di brina, che corrisponde al diametro  $D_e$  e ad un metro di lunghezza di tubo, e detti  $a_i$ ,  $a_c$ , rispettivamente i coefficienti di irradiazione e di convezione,  $t_a$  la temperatura ambiente,  $t_c$  la temperatura superficiale, si ottiene subito:

$$q_i = a_i S_e (t_a - t_c) \quad (2)$$

$$q_c = a_c S_e (t_a - t_c) \quad (3)$$

D'altra parte il deposito della brina dipende da un fenomeno di diffusione fra gli strati lontani di aria nei quali la tensione del vapore acqueo è  $\varphi f_a$ , (se  $\varphi$  è il grado di umidità dell'aria ambiente ed  $f_a$  la tensione di saturazione corrispondente alla sua temperatura  $t_a$ ) e lo strato adiacente al tubo in cui la tensione è quella stessa  $f_c$  di saturazione che corrisponde alla temperatura  $t_c$ .

Indicando con  $\beta$  un coefficiente sperimentale si può porre:

$$q_b = \beta S_e (\varphi f_a - f_c) \quad (4)$$

Mi è gradito ricordare che proprio nella determinazione di questo coefficiente  $\beta$  ho esordito giovanissimo, 25 anni or sono, nella non facile carriera della ricerca scientifica (1).

Ho ripreso ora quei lavori, svolti presso il Laboratorio di Termotecnica del Politecnico di Torino sotto la guida del compianto Prof. Montel ed i lavori relativi ad  $a_c$  dello stesso Autore, ai quali ho pure preso parte, e ne ho rielaborato i risultati in formule che mi sembrano meglio utilizzabili dal punto di vista pratico.

3. - Poichè quanto a temperature siamo spesso nell'intorno dello 0° C ed il fattore di assorbimento del ghiaccio per le radiazioni infrarosse è prossimo a 0,6 il coefficiente  $a_i$  potrebbe essere stimato dell'ordine di 2-3 kcal/m<sup>2</sup>.h.°C nel sistema pratico, non coerente, di unità di misura, o di (2 ÷ 3/0,86) W/m<sup>2</sup>, °C nel sistema coerente Giorgi (o M.K.S.A.). Ma lo strato è diatermano in modo sensibile, quindi per strati di piccolo spessore ci si avvicina ai valori relativi alla superficie sottostante (per i tubi di ferro del commercio ~ 4 nel sistema pratico).

Quanto al coefficiente  $a_c$  dobbiamo distinguere il caso della convezione spontanea da quelli della convezione forzata.

Nel primo caso, dalle esperienze sopra ricordate, eseguite con un tubo orizzontale di 1 pollice (diametro esterno 33 mm, esposto liberamente in un ambiente tranquillo) si è ora ricavato:

$$a_c = 3,2 + 0,065 (t_a - t_c) \text{ kcal/m}^2\text{.h.}^\circ\text{C} \quad (5)$$

oppure

$$a_c = 3,7 + 0,075 (t_a - t_c) \text{ watt/m}^2\text{.}^\circ\text{C} \quad (5 \text{ bis})$$

Il coefficiente  $a_c$  accusa un accrescimento al crescere della differenza di temperatura ( $t_a - t_c$ ), e una diminuzione all'aumentare del diametro (in ragione della radice quarta), variazioni che d'ordinario ne modificano sensibilmente il valore. Nel nostro caso la modificazione indotta dallo strato di brina è attenuata dalla semipermeabilità all'aria e dalla semitrasparenza alle radiazioni dello strato stesso.

Se si tratta di convezione forzata e la corrente d'aria si sposta parallelamente all'asse del tubo con velocità  $w$  (espressa in metri al secondo e misurata a qualche distanza dal tubo) (V. Fig. 1) da altre fra le citate esperienze, pure eseguite nel Politecnico di Torino, con un tubo disposto in un condotto si è ora dedotto (2):

$$a_c' = 5 + 10 w^{2/3} \text{ kcal/m}^2\text{.h.}^\circ\text{C} \quad (6)$$

oppure, con sufficiente approssimazione,

$$a_c' = 6 + 12 w^{2/3} \text{ W/h.}^\circ\text{C} \quad (6 \text{ bis})$$

Qui l'accrescimento con la velocità è molto sen-

(1) Cfr. «Il Politecnico», n. 10, 1927 e n. 2, 1928. Si veda pure «Il Freddo», n. 4, 1952.

(2) «Politecnico», n. 9, 1928.

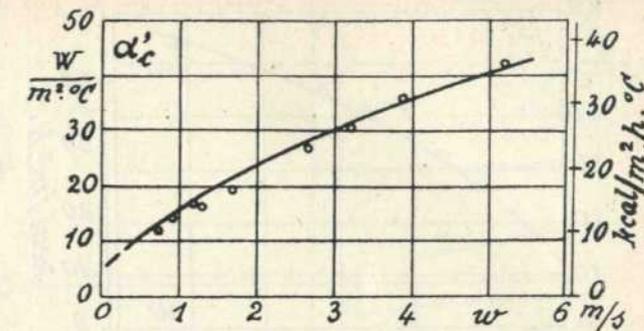


Fig. 1. - Coefficiente di convezione termica forzata per corrente d'aria parallela al tubo.

tito. Per  $w = 1; 2; 3; 4; 5$  m/s si ha rispettivamente, arrotondando i risultati,

$w^{2/3} = 1; 1,6; 2,1; 2,5; 2,9$  e quindi:  
 $a_c' = 18; 25; 31; 36; 41$  W/h.°C.

Si intende che  $w$  è la velocità del moto forzato; quindi porre  $w = 0$  non significa assenza di moti nell'aria ma significa ricadere nel caso precedente della convezione spontanea con moderate differenze di temperatura.

Se la corrente d'aria è diretta normalmente all'asse del tubo, in altre esperienze (3), in cui  $w$  era intorno a 1 m/sec, si è riscontrato rispetto al caso precedente un accrescimento di  $a_c'$  dell'ordine del 50 ÷ 60 %. Il dato è valevole anche per tubi paralleli disposti con gli assi su di un solo piano.

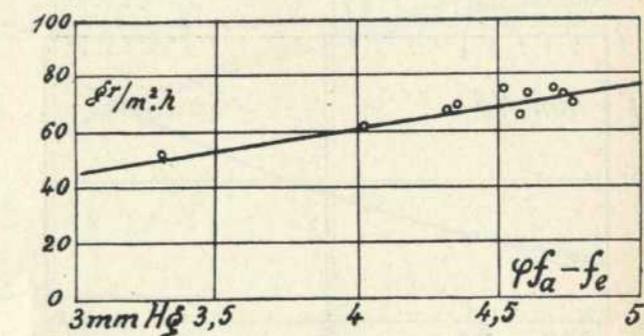
Evidentemente l'applicazione a file di tubi paralleli od a serpentine esige che l'interasse non sia tanto piccolo da produrre il contatto fra gli strati di brina sui tubi e quindi l'ostruzione del dispositivo.

4. - Riguardo alla formazione di brina in condizioni di convezione spontanea, le prove ricordate, eseguite con due diversi metodi (di cui uno diretto, consistente nel pesare il condensato o nel dedurre il peso della brina dalla variazione di concentrazione di un solvente) hanno indicato un deposito di circa 15 grammi all'ora per ogni m<sup>2</sup> di superficie e per ogni mm di colonna di mercurio di differenza fra le tensioni  $f_a$  ed  $f_c$ , essendo la pressione barometrica intorno a 740 mm di mercurio.

Il risultato è valevole anche per la condensazio-

(3) «L'Industria», n. 11, 1929.

Fig. 2. - Peso di brina depositata su un tubo in ambiente tranquillo.



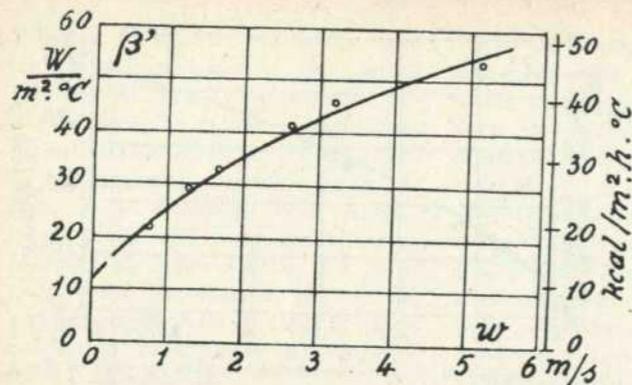


Fig. 3. - Coefficiente di adduzione relativo al deposito di brina in corrente d'aria parallela al tubo.

ne di umidità allo stato liquido, e, come per lo psicometro, va corretto in ragione inversa alle letture barometriche.

Tenendo conto delle 680 calorie all'incirca occorrenti per la trasformazione da vapore acqueo a brina, ed esprimendo le tensioni  $f$  in mm di colonna di mercurio, si ottiene (V. Fig. 2):

$$\beta = \sim 10 \quad \text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg} \quad (7)$$

oppure, sempre arrotondando:

$$\beta = \sim 12 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{mm Hg} \quad (7 \text{ bis})$$

Il coefficiente si riduce nel rapporto 600/680 circa, se si ha deposito di liquido.

Nel caso della convezione forzata in direzione parallela all'asse del tubo, detto ancora  $w$  la velocità dell'aria in m/sec, dalle esperienze citate (V. Fig. 3) si è ottenuto:

$$\beta' \cong 10 + 13 w^{2/3} \quad \text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg} \quad (8)$$

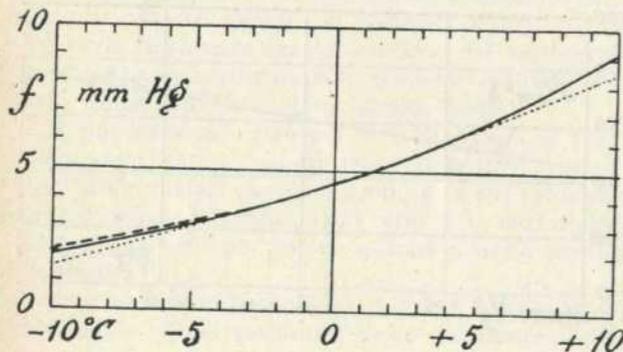
oppure:

$$\beta' = \sim 12 + 14 w^{2/3} \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{mm Hg} \quad (8 \text{ bis})$$

Un accrescimento del 50 ÷ 60 % su questi valori si è pure trovato nel caso in cui la corrente d'aria, con  $w$  intorno a 1 m/sec, è mediamente normale all'asse del tubo.

5. - Per la valutazione della differenza di temperatura fra la superficie dello strato spugnoso di brina e la superficie esterna (di diametro  $D_s$ ) del tubo metallico al quale lo strato stesso aderisce, occorre riferirci all'equazione che riguarda la propa-

Fig. 4. - Tensioni del vapore d'acqua saturo. Sotto lo  $0^\circ\text{C}$  la linea continua riguarda il ghiaccio, la tratteggiata l'acqua sotto-raffreddata.



gazione del calore  $q$  attraverso lo strato stesso. Si tratta a rigore di un fenomeno complicato, anche perchè la sostanza è un poco diatermana e semipermeabile. Per semplicità ci riferiamo ad un fenomeno di conduzione pura in uno strato cilindrico omogeneo e isotropo equivalente al caso in esame e scriviamo:

$$q = \lambda (t_e - t_s) 2 \pi \ln \left( \frac{D_e}{D_s} \right) \quad (9)$$

in cui  $\lambda$  è il coefficiente di un fenomeno ideale di conduzione equivalente a quello considerato,  $t_s$  è la temperatura della superficie esterna del tubo e  $D_s$  è il diametro corrispondente alla superficie della brina.

Il valore di  $\lambda$  dipende dal grado di compattezza e dalla temperatura della brina, e in condizioni ordinarie può valere all'incirca, come nelle prove di Torino (in cui il peso specifico apparente era circa  $200 \text{ kg/m}^3$ )  $0,17 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  (cioè circa  $0,20 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ); esso è quindi molto minore del valore (circa 1,9) corrispondente al ghiaccio ben compatto a  $0^\circ\text{C}$  ed anche minore del valore (circa 0,5) che compete all'acqua nello stato liquido.

Il valore dello spessore  $b = (D_e - D_s)/2$  della brina può diventare col tempo dell'ordine di qualche centimetro.

6. - Riassumendo ciò che abbiamo esposto possiamo dire che le equazioni che reggono il fenomeno sono le seguenti:

$$q = [(a_c + a_i) (t_a - t_e) + \beta (q'_a - f)] \pi (D_s + 2b) \quad (10)$$

$$q = \lambda (t_e - t_s) 2 \pi \ln \left( 1 + \frac{2b}{D_s} \right) \quad (11)$$

Nei tubi ad evaporazione diretta sono praticamente trascurabili sia la differenza di temperatura fra il fluido frigorifero e la parete sia la differenza attraverso la parete metallica <sup>(4)</sup>.

D'altra parte nell'intorno dello  $0^\circ\text{C}$  si può in prima approssimazione esprimere in millimetri di mercurio la tensione  $f$  del vapor d'acqua sul ghiaccio (o sulla brina) mediante la semplice relazione:

$$f = 4,5 + 0,3t \quad (12)$$

Il coefficiente 0,3 tende a diminuire con  $t$  mentre sul liquido il coefficiente 0,3 dovrebbe essere sostituito con 0,4. (V. Fig. 4, sulla quale le linee punteggiate utilizzate per il calcolo di  $f$  sono tangenti alle curve sperimentali). In tali condizioni il sistema delle (10) (11) (13) permette di ricavare dapprima la temperatura superficiale  $t_e$  dello strato di brina e quindi la  $q$ , cioè di risolvere il problema che ci siamo proposti.

Detti infatti:

$$a = a_c + a_i \quad (13)$$

<sup>(4)</sup> Anche nei tubi percorsi da soluzione salina il salto superficiale di temperatura è piccolo perchè il coefficiente di convezione fra liquido e parete è dell'ordine di  $500 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ , cioè di circa  $600 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

$$f(b) = (D_s + 2b) \ln \left( 1 + \frac{2b}{D_s} \right) \quad (14)$$

si ottiene:

$$t_e = \frac{2\lambda t_s - 4,5\beta (1 - \varphi) f(b)}{2\lambda + (\alpha + 0,3\beta) f(b)} \quad (15)$$

Esempio numerico.

Un esempio può giovare sia alla comprensione del procedimento sia a mettere in evidenza alcune sue utili conseguenze.

La temperatura dell'aria di una cella refrigerata sia  $t_a = 0^\circ\text{C}$ ; il grado igrometrico possa assumere vari valori.

Interessa conoscere il calore trasmesso da un tubo di ferro del diametro esterno di 38 mm, raffreddato con evaporazione interna di ammoniaca alla temperatura superficiale di  $-7^\circ\text{C}$ , quando il tubo stesso è disposto orizzontalmente nella cella precedente dove si ricopre di brina rimanendo in atmosfera tranquilla.

Ponendo nella (13) (in unità Giorgi):

$$D_s = 0,038; \quad a = 9; \quad \lambda = 0,2; \quad \beta = 12;$$

e variando i valori di  $b$  fino a 10 mm si sono ricavati i risultati rappresentati nella fig. 5 ( $t_e$  in funzione di  $\varphi$ ) e nella fig. 6 ( $t_e$  in funzione di  $b$ ).

Dalla (4) si ha che  $q_b = 0$  quando:

$$\varphi f_a = f_e \quad (16)$$

cioè per:

$$4,5 (\varphi - 1) = 0,3 (t_e - t_a) \quad (17)$$

Nella figura 5 queste condizioni limiti sono rappresentate dalla retta su cui è appunto scritto  $q_b = 0$ .

La brinatura ha luogo soltanto nel campo inferiore a questa retta, nel quale  $q_b > 0$ .

Se il tubo, inizialmente brinato, si trovasse trasferito in condizioni corrispondenti alla zona situata alla sinistra di tale retta, invece di deposito si avrebbe evaporazione, fino a lasciare la superficie scoperta e asciutta. È dunque possibile in certe condizioni, messe qui in evidenza, evitare la brinatura. Considerazioni analoghe valgono per il deposito di liquido.

Ai vari valori dello spessore  $b$  i punti si allineano su segmenti di rette concorrenti.

Gli andamenti rettilinei sono dovuti alle approssimazioni introdotte nei calcoli. Esse però mettono bene in evidenza l'aspetto essenziale dei fenomeni che qui interessano.

La fig. 6 mostra come cresca la temperatura superficiale  $t_e$  dello strato di brina al crescere del suo spessore  $b$ , accrescimento che dipende dal grado igrometrico  $\varphi$  e che si arresta nei punti corrispondenti alla retta limite del diagramma precedente.

Sia sulla fig. 5, sia sulla fig. 6 sono state pure segnate le linee corrispondenti al caso in cui  $t_s = -3^\circ\text{C}$ , rimanendo  $t_a = 0^\circ\text{C}$ .

Il campo corrispondente alla possibilità della formazione della brina si restringe notevolmente quando la differenza  $(t_e - t_a)$  è diminuita.

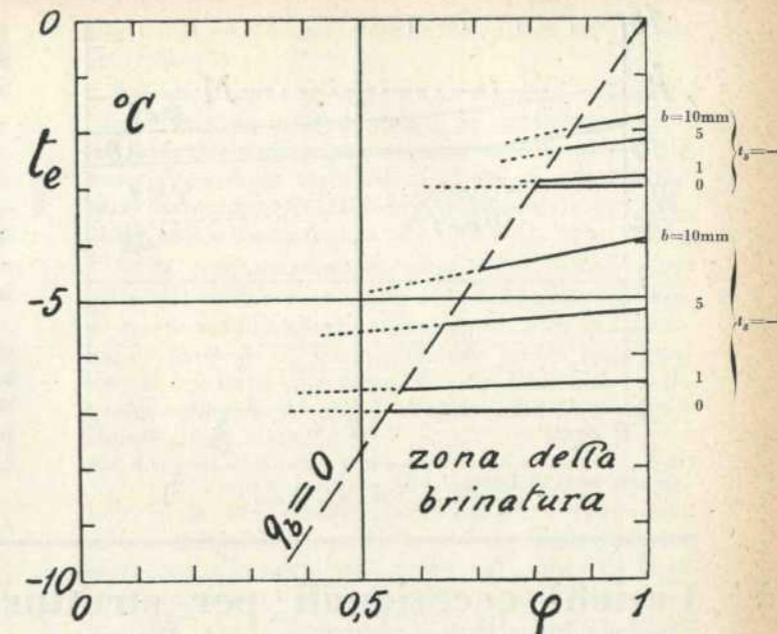


Fig. 5. - Variazione della temperatura superficiale della brina  $t_e$  al variare dell'umidità relativa  $\varphi$  dell'aria  $t_a = 0^\circ\text{C}$ ;  $D_s = 38 \text{ mm}$

Se si fa riferimento alla superficie esterna del tubo metallico e si calcolano i valori del coefficiente:

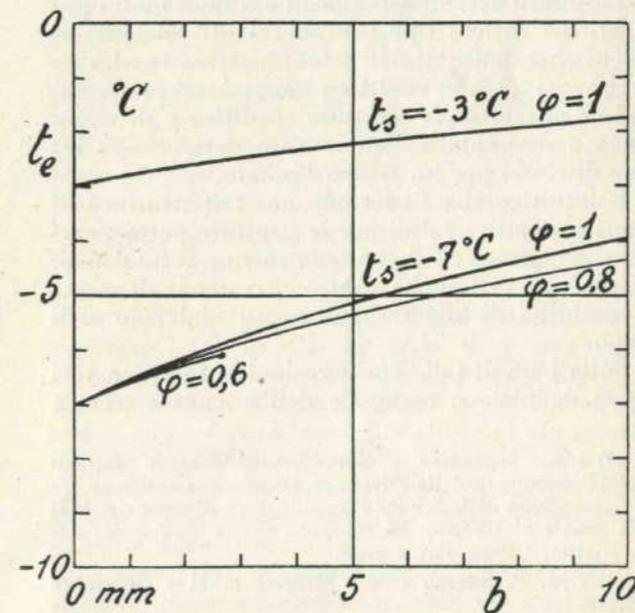
$$k = \frac{q_c + q_i + q_b}{\pi D_s (t_a - t_e)} \quad (18)$$

si trovano i dati riportati nella fig. 7.

Il coefficiente  $k$  diminuisce lentamente al crescere dello spessore di brina ed il suo valore dipende in modo sensibile dall'umidità relativa dell'aria ambiente.

Sulla figura le ordinate relative alle punteggiate riguardano la parte di  $k$  relativa ai soli fenomeni di convezione e di irradiazione. È reso così visibile l'effetto della brinatura.

Fig. 6. - Variazione della temperatura superficiale della brina  $t_e$  al variare dello spessore  $b$  dello strato.



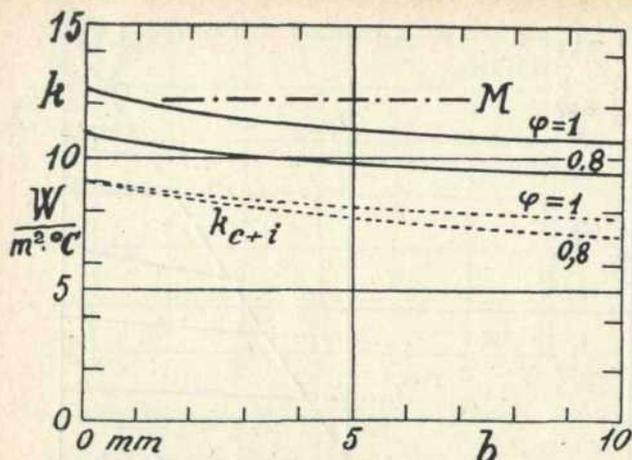


Fig. 7. - Variazione del coefficiente  $k$  al variare dello spessore  $b$  dello strato di brina.  
 $t_a = 0^\circ\text{C}$ ;  $t_s = 7^\circ\text{C}$ ;  $D_s = 38$  mm

È interessante notare che il valore di  $k$  ricavato per  $(t_a - t_e) = 7^\circ\text{C}$  dalla nota formula del Professor Mauro:

$$k = 5,57 + 0,88 (t_a - t_e) - 0,024 (t_a - t_e)^2 \quad (19)$$

(in  $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ).

contrassegnato sulla fig. 7 con la lettera  $M$ , corrisponda, come l'A. della formula stessa ha indicato, alle migliori fra le condizioni di trasmissione prese in esame.

Se gli intervalli di temperatura fossero più ampi di una diecina di gradi alcune delle approssimazioni qui introdotte andrebbero modificate ed i calcoli risulterebbero più laboriosi, ma non sembra possa essere alterato l'aspetto essenziale delle conclusioni qui ricavate.

Cesare Codegone

## Carichi eccezionali per strutture ordinarie con particolare riguardo alle opere d'arte delle strade ordinarie

*L'A. esamina le condizioni di stabilità di strutture temporaneamente molto affaticate o, ciò che equivale, di strutture ordinarie sotto carichi temporanei eccezionali, con particolare riguardo al transito di carichi militari molto pesanti (carrì armati) sulle opere d'arte delle strade ordinarie e perviene a talune conclusioni di massima circa carichi tipo, verifiche di stabilità e modalità di transito (\*).*

1. - In una nota comparsa sulla Rivista Militare 1948 sotto il titolo: « Carrì armati e strade ordinarie » <sup>(1)</sup> veniva prospettata tra l'altro l'utilità di sviluppare una tecnica delle strutture molto affaticate, basata su corretti principi teorici e svolta con procedimento rigoroso, in vista di realizzare una normativa realistica e al tempo stesso corretta per il transito di carichi molto ingenti sulle opere d'arte delle strade ordinarie.

La questione ha una considerevole importanza permanente e una ancora maggiore può assumerne in particolari circostanze di emergenza, ma sarebbe inopportuno restringerne l'interesse alle modalità di transito di carichi eccezionali e quindi molto più elevati dei carichi tipo più onerosi di progetto — cioè in circostanze di deficiente sicurezza tecnica — perchè essa tocca in effetti un campo assai più vasto, quale è offerto dalle strutture speditive e di circostanza o destinate a sostenere un determinato regime di sforzi per un tempo limitato.

È intuitivo che l'adozione per tali strutture di criteri costruttivi validi per le strutture permanenti è un nonsenso ed è un controsenso economico, quando non urti anche contro circostanze di scarsa disponibilità di materiali, di mezzi di lavoro e di tempo.

Sulla base di tali considerazioni si facevano voti per la definizione razionale dell'accennata tecnica

(\*) L'A., Ingegnere e Generale dell'Esercito (attualmente Comandante della Divisione Corazzata « Centauro » e già Comandante delle Scuole d'Applicazione d'Arma e quindi della Scuola di Guerra), ha riservato questo scritto alla nostra Rivista. Gliene siamo grati.

<sup>(1)</sup> Gen. P. SUPINO - Riv. Militare n. 11 - Novembre 1948.

delle strutture molto affaticate, della quale è agevole fare emergere la importanza sia da un punto di vista strettamente militare, sia da un punto di vista generale.

Da un punto di vista strettamente militare risulterà la facoltà di una più estesa utilizzazione della rete stradale ordinaria da parte dei carichi ingenti di cui la meccanizzazione delle FF. AA. sta dotando l'Esercito, senza per questo esigere carichi tipo di eccessivo vincolo. Altro interessante risultato saranno la maggiore speditezza di costruzione e l'economia di mezzi d'opera e di spesa che si potrà conseguire per molte e importanti categorie di costruzioni.

Ma molto probabilmente i vantaggi perseguibili per tale via possono assumere una portata generale ed uscire dal campo dell'esclusivo interesse militare per investire molte attività costruttive civili, con particolare riguardo ai ripristini temporanei, in casi di sinistri o di calamità, alle strutture di servizio e agli impianti di cantiere, a molte strutture a lavoro specializzato (macchine, apparati di sollevamento, ecc).

La tecnica relativa deve informarsi ai concetti fondamentali della Scienza delle Costruzioni, partendo dalla esatta conoscenza della distribuzione degli sforzi e delle sollecitazioni effettive cui le strutture sono soggette in ogni condizione di carico.

Linea concettualmente ineccepibile e tradizionalmente conforme ai buoni procedimenti ingegneristici. « La differenza tra un ingegnere e un capomastro consiste solo nel fatto che il primo impiega il materiale per uno quando l'altro ne adopera per cinque. Ossia tutti e due sanno compiere il medesimo lavoro, ma sono le cognizioni scientifiche ed