



**Original Article: INVESTIGATION DEL METALLO LIQUIDO RIEMPIRE LO STAMPO DI COLATA CON UN SISTEMA A CANALI CONICO**

**Citation**

Vasenin V.I., Bogomjagkov A.V., Sharov K.V., Investigation del metallo liquido riempire lo stampo di colata con un sistema a canali conico. *Italian Science Review*. 2014; 4(13). PP. 147-159.

Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/VaseninV.pdf>

**Author**

Valery I. Vasenin, Assistant Professor, Cand. Tech. Sci., Perm National Research Polytechnic University, Russia.

Aleksey V. Bogomjagkov, Postgraduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia.

Konstantin V. Sharov, Postgraduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Russia.

Submitted: March 28, 2014; Accepted: April 05, 2014; Published: April 20, 2014

Diffondere all'anno negli stampi di fusione milioni di tonnellate di leghe di metalli liquidi. Sembrerebbe che il calcolo del metallo riempire lo stampo deve essere ben studiato teoricamente che sperimentalmente. In realtà non lo è. La ragione principale è che è impossibile utilizzare l'equazione di Bernoulli (UB): è derivato per il caso specifico - con un flusso costante di flusso di liquido [1,p.205] Tuttavia, più spesso richiesto per calcolare la portata di un tasso variabile, che viene ridotto dal massimo al 0 la sua distribuzione per ramo-alimentatori, dal condotto principale (trappole scorie). E utilizzati nei calcoli della grandezza dei dati di produzione coefficiente sistema di colata (LS) flusso. Dimensioni farmaci vengono assunti con qualche riserva. E, in generale, fare senza calcolare il coefficiente di flusso. Utilizzato nelle fonderie affusolate, espansione droghe e farmaci con lo stesso totale alimentatori zona, trappole scorie e fontanelle. Per conico LS utilizza le

seguenti percentuali di elementi dintorni:  $\Sigma S_n : \Sigma S_{unt} : S_{cm} = 1 : (1,05 - 1,2) : (1,1 - 1,6)$  dove  $\Sigma S_n$  - il totale alimentatori area della sezione trasversale, m<sup>2</sup>;  $\Sigma S_{unt}$  - Trappole Scorie superficie totale, m<sup>2</sup>;  $S_{cm}$  - L'area nella parte inferiore del montante, m<sup>2</sup>. E non vi è alcuna ragionevole giustificazione per questi rapporti e chissà cosa succede quando cambiano. E se i farmaci non vengono calcolati, questi rapporti non sono stati analizzati. Questo documento cerca di studiare il riempimento teorica stampo con metallo liquido attraverso un LS conici coefficienti che determinano la velocità di flusso e portata del liquido e il tempo di riempimento di forme a seconda del numero di alimentatori lavorare pur mantenendo la loro superficie totale delle sezioni trasversali (per sistema a canale rastremato).

Si prega di esplorare il processo in conformità con i metodi esistenti di calcolo. Utilizzare il sistema semicerchio colata gating classica e classica mostrato in figura

(non in scala). PM è costituito da un imbuto, riser, trappole scorie e 4 alimentatori. Ghisa, la densità  $\rho_{sc} = 6900 \text{ kg/m}^3$  ferro liquido - Versato Alloy. OD colata  $D_n = 0,4 \text{ m}$ ,  $D_e = 0,30 \text{ m}$  di diametro interno, l'altezza  $H_o = 0,50 \text{ m}$  del volume colata colata (volume della cavità dello stampo)  $V_o = 27489 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ . Peso intrisa di liquidi kg forma di metallo  $M = 1,05 \rho_{sc} V_o = 189,67$ , dove 1.05 - coefficiente che tiene conto del consumo del metallo sul sistema di colata (senza fini di lucro). Assumiamo un rapporto di elementi spazio comune nel LS convergente:

$\Sigma S_n : \Sigma S_{ui} : S_{cm} = 1:1,2:1,4$  dove  $S_{cm}$  - l'area nella parte inferiore del montante  $4-4 \text{ m}^2$ .  $S_{cm} = S_4$ .

Durata di fusione dei metalli è determinato dalla seguente relazione [2,p.122]:

$$t_\phi = S^3 \sqrt{\delta M}$$

(1)

dove  $S$  - un fattore empirico che tiene conto delle condizioni tecnologiche forma di riempimento in metallo  $S = 2$ ; per getti di ghisa;  $\delta$  - Spessore ridotto del getto (il rapporto del getto che la sua superficie di raffreddamento), mm.  $\delta = (D_n - D_e) / 2 = (0,40 - 0,30) / 2 = 0,05 = 50 \text{ mm}$ . Panoramica delle dipendenze per il conteggio disponibile nella  $t_\phi$  G.F. esercitazione Balandin [3,201-202].

testa di design

(2)

$$\sqrt{H_p} = \frac{H_o}{\frac{H_n}{\sqrt{H}} + \frac{2H_e}{\sqrt{H} + \sqrt{H - H_e}}}$$

dove  $H_n$  - in altezza minore stampo di colata, m;  $H_e$  - Altezza della tomaia semi-stampo di fusione (senza fori aeree) m;  $H$  - La distanza verticale tra la sezione 1-1 nell'imbuto gating agli assi longitudinali degli alimentatori, m  $H = 0,375 \text{ m}$ .

Insedimento nel convergente è il totale alimentatori sezione trasversale  $\Sigma S_n$ , che sono calcolati nel seguente relazione [2,p.125]:

$$S_p = \frac{1,05 V_o}{t_\phi \mu \sqrt{2gH_p}}$$

(3)

dove  $\mu$  - coefficiente di farmaci di scarico;  $g$  - Accelerazione di gravità,  $\text{m/s}^2$ ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Factor  $\mu$  è le tabelle compilate secondo la prassi  $\mu = 0,25 \div 0,80$  [2,p.147-148]. Accettato  $\mu = 0,5$ .

Secondo le relazioni (1)-(3) troviamo  $t_\phi = 43,03 \text{ s}$ ,  $H_p = 0,2916 \text{ m}$ ,  $S_p = \Sigma S_n = 5,608723 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ .

L' area di una dell'alimentatore  $1,402181 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . L'alimentatore ha una sezione trasversale trapezoidale. Dopo calcoli troviamo che la base maggiore del potere alimentatore  $0,022789 \text{ m}$ , la base minore -  $0,018231 \text{ m}$ , l'altezza dell'apparecchio alimentatore -  $0,0068366 \text{ m}$ , M alimentatore diametro idraulico  $d_n = 0,010118 \text{ m}$ , non alimentatore lunghezza  $l_n = 5d_n = 0,050590 \text{ m}$  alimentatori dimensioni sono arrotondati a  $0,1 \text{ mm}$  per impedire un cambiamento di atteggiamento  $\Sigma S_n : \Sigma S_{ui} : S_{cm}$ .

La superficie totale di scorie trappole  $\Sigma S_{ui} = 1,2 \cdot \Sigma S_n = 6,730467 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Scorie trappole una zona -  $3,365234 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Trappole scorie ha una sezione trasversale trapezoidale. I risultati di calcolo: Scorie trappole base più ampia di  $0,019337 \text{ m}$ , la base minore -  $0,015470 \text{ m}$ , altezza trappole Scorie -  $0,019337 \text{ m}$ , m idraulici trappole diametro Scorie  $d_{ui} = 0,018271 \text{ m}$ .

Lo spazio nella parte bassa montante  $S_4 = 1,4 \cdot \Sigma S_n = 7,852212 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Dopo i calcoli sono:  $d_4 = 0,031619 \text{ m}$ ,  $d_3 = 0,033619 \text{ m}$ ,  $d_2 = 0,035619 \text{ m}$ ,  $S_3 = 8,876975 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $S_2 = 9,964570 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Il diametro idraulico della sezione circolare di diametro pari alla sua geometria. Dimensioni Riser ulteriori calcoli rimangono invariati.

Diametro  $d_e = 2,7d_2 = 0,0962 \text{ m}$  corridore imbuto altezza sprue

imbuto  $l_e = 2,35d_2 = 0,0837$  m di lunghezza (altezza)  $l_{cm} = 0,2913$  m riser

Questo è l'intero insediamento. Con diametri idraulici dei farmaci elementi, naturalmente, non sono definiti.

Se si guarda alla formula (1)-(3), in cui solo uno sconosciuto quantità  $\mu$  - coefficiente di portata. Altre dimensioni sono conosciuti dalla guida modello di disegno-casting. Non definito importante - come fattore di sconosciuti coefficient  $\mu$  di resistenza locale e non è chiaro come utilizzare il UB per il flusso mnogopitatelnoy LS in un sistema a portata variabile di liquido.

Cioè  $\mu$ , trovare l'area totale per alimentatori, e quindi dividere questa zona in 2, 4, 6, 8 o più concorrenti. Resta inteso che il farmaco così non succede nulla. Se un solo alimentatore, allora senza dubbio la correttezza del calcolo non è. Ma se più di un alimentatore, non è chiaro significato fisico del coefficiente  $\mu$ . Il fatto che i tubi paralleli (feeder), le perdite di pressione non vengono sommati, e uno di essi è presa [1,p.231-232]. Non è chiaro quale si fa riferimento e ciò che è  $\mu$  effettivamente accadendo nel LS con la variazione del numero di alimentatori di lavoro preservando l'area totale delle sezioni dei vari rapporti  $\Sigma S_n : \Sigma S_{urt} : S_{cm}$ . Mostriamo come calcolare rastremazione della droga.

In un primo momento si calcola il ripieno metallo liquido in forma al lavoro solo un corridore-corridore I (vedi figura); dimensioni degli elementi di questi farmaci conici sopra elencati. In questo caso, il rapporto di area  $S_n : S_{urt} : S_{cm} = 0,25 : 0,6 : 1,4$ . Formare l'equazione di Bernoulli per le sezioni 1-1 e 13-13:

$$\frac{p_1}{\gamma} + H = \frac{p_{13}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} + h_{1-13} \quad (4)$$

dove  $p_1$  e  $p_{13}$  - la pressione nelle sezioni 1-1 e 13-13,  $N/m^2$  (pari alla pressione atmosferica  $p_1 = p_{13} = p_a$ );  $\gamma$  - Il peso del metallo  $N/m^3$  liquido;  $\alpha$  - Il coefficiente di

non uniformità della distribuzione di velocità sopra la sezione trasversale del flusso (coefficiente di Coriolis); accettare  $\alpha = 1,1$  [1,p.108;]  $v_{13}$  - Velocità del fluido nella sezione di alimentazione 13-13 I, m/s;  $h_{1-13}$  - Perdita di carico quando si passa dalla sezione di metallo 1-1 alla sezione 13-13 m Queste perdite di pressione

(F5)

dove  $\zeta_{cm}$ ,  $\zeta_{urt}$  e  $\zeta_n$  - coefficienti di resistenza locale del imbuto di metallo input nel riser dal montante per attivare trappole scoria e la rotazione di trappole Scorie nell'alimentatore;  $v_2, v_3, v_5$  - La velocità del liquido nel riser in sezioni 2-2 e 3-3, in un sezionale trappole Scorie 5-5 m/s;  $\lambda$  - Coefficiente di perdite di attrito;  $l_{cm-1}$  - Distanza dall'alimentatore al montante I, flussometri fluido sulla LS quando scarico nello stampo da sopra quando si utilizza un tasso alimentatore è  $v_{13}$  determinato dal profilato metallico 13-13 nell'alimentatore uscita e la sua sezione trasversale:  $Q = v_{13} S_n$ .

Il resto della velocità del fluido nei canali definire flusso farmaco dalla equazione di continuità:

$$Q = v_2 S_2 = v_3 S_3 = v_4 S_4 = v_5 S_{urt} = v_{13} S_n \quad (6)$$

quindi

$$v_2 = v_{13} \frac{S_n}{S_2}, v_3 = v_{13} \frac{S_n}{S_3}, v_4 = v_{13} \frac{S_n}{S_4} \\ v_5 = v_6 = v_7 = v_8 = v_{13} \frac{S_n}{S_{urt}} \quad (7)-(10)$$

Tutti esprimono la velocità del metallo in (5) tramite una velocità  $v_{13}$  utilizzando l'espressione (7) - (10) (F11)

Espressione tra parentesi quadre denotano come  $\zeta_{1-13(13)}^{(1)}$  - è il coefficiente di resistenza della sezione 1-1 alla sezione 13-13, data la velocità del metallo in sezione 13-13 (operante solo un alimentatore I): (F12)

Ora (4) può essere scritto come:

$$\frac{p_1}{\gamma} + H = \frac{p_{13}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} + \zeta_{1-13(13)}^{(1)} \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}$$

(13)

Abbiamo bisogno di trovare la velocità  $v_{13}$ . Dopo le trasformazioni che otteniamo da (13):

$$v_{13} = \sqrt{\frac{2gH}{\alpha(1 + \zeta_{1-13(13)}^{(1)})}} \quad (14)$$

Flusso sistema coefficiente dalla sezione 1-1 alla sezione 13-13, data la velocità  $v_{13}$ ,

$$\mu_{1-13(13)}^{(1)} = (1 + \zeta_{1-13(13)}^{(1)})^{-1/2} \quad (15)$$

allora la velocità

$$v_{13} = \mu_{1-13(13)}^{(1)} \sqrt{\frac{2gH}{\alpha}} \quad (16)$$

Flusso di liquido nell'alimentatore I

$$Q_{13} = v_{13} S_n = \mu_{1-13(13)}^{(1)} \sqrt{\frac{2gH}{\alpha}} S_n$$

(17)

Formule (16) e (17) che invia la velocità e il flusso nell'alimentatore quando ho riempito lo stampo inferiore. Durante il riempimento dello stampo superiore

$$v_{13}^e = \mu_{1-13(13)}^{(1)} \sqrt{\frac{2gH_p}{\alpha}} \quad (18)$$

$$Q_{13}^e = v_{13}^e S_n = \mu_{1-13(13)}^{(1)} \sqrt{\frac{2gH_p}{\alpha}} S_n \quad (19)$$

dove  $H_p$  la pressione di riferimento è determinato dalla seguente formula derivata da (2)  $H_n = 0$  e  $H_e = H_o$  quando:

$$\sqrt{H_p} = \frac{\sqrt{H} + \sqrt{H - H_e}}{2} \quad (20)$$

Accettata, come in [4] che il coefficiente di perdite di attrito  $\lambda = 0,03$ . Coefficiente di resistenza locale dell'ingresso dall'imbuto nel riser è determinata dalla directory [5]:  $\zeta_{cm} = 0,1$  Coefficiente di resistenza locale per il  $90^\circ$  con la diminuzione della superficie del flusso dopo il turno troviamo la seguente relazione [6]:

$$\zeta = 0,557(S_{u,c} / S_{e,c})^2 + 0,066S_{u,c} / S_{e,c} + 0,257 \quad (21)$$

dove  $S_{m.c.}$  - l'area più piccola sezione trasversale,  $m^2$ ;  $S_{o.c.}$  - Più grande in sezione trasversale,  $m^2$ . Questa espressione è valida

per un cambiamento di atteggiamento,  $S_{m.c.} / S_{o.c.} = 250-1$  Interval

si  $S_{m.c.} / S_{o.c.} = 0,025 - 0,250$  applica la seguente relazione:

$$\zeta = 0,280 + 0,115 S_{m.c.} / S_{o.c.} \quad (22)$$

Quando ruotato di  $90^\circ$  all'aumentare area di flusso dopo rotazione usando la seguente espressione:

$$\zeta = 1,273 (S_{e,c} / S_{u,c})^2 - 0,746 S_{e,c} / S_{u,c} + 0,353 \quad (23)$$

Secondo la formula (21): coefficiente di resistenza locale alla rotazione delle trappole riser scorie  $\zeta_{u,r} = 0,388$ , coefficiente di resistenza locale alla rotazione dell'alimentatore trappole Scorie  $\zeta_n = 0,381$ . Distanza dal montante all'alimentatore I  $l_{cm-I} = 0,3930$  m di m corridore II  $l_{cm-II} = 0,1886$  m, la distanza tra gli alimentatori I e II  $l_{1-II} = 0,2044$  m  $l_{cm-I} = l_{cm-IV}$ ,  $l_{cm-II} = l_{cm-III}$ .

I risultati dei calcoli secondo le formule (12), (15)-(20),  $\zeta_{1-13(13)}^{(1)} = 0,719$ ,

$$\mu_{1-13(13)}^{(1)} = 0,763, \quad v_{13}^u = 1,973 \text{ m/s},$$

$$Q_{13}^u = 276,59 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \quad v_{13}^e = 1,556 \text{ m/s},$$

$$Q_{13}^e = 218,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}. \text{ Tempo per}$$

riempire lo stampo inferiore con metallo  $t_n = 1,05V_o / 2 / Q_{13}^u = 52,18$  s. Tempo per

riempire il far fronte  $t_e = 1,05V_o / 2 / Q_{13}^e = 66,16$  s. Compilazione di un modulo con il metallo

$$t_{\phi} = t_n + t_e = 118,34.$$

Ora calcolare il farmaco con due alimentatori attivi - I e II; rapporto di area sarebbe simile.  $\Sigma S_n : S_{u,r} : S_{cm} = 0,5 : 0,6 : 1,4$ ,  $\Sigma S_n = 2,804362 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $S_n = 1,402181 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ . Formare l'equazione di Bernoulli per le sezioni 6-6 e 13-13: (F24)

e per le sezioni 6-6 e 14-14:

$$\frac{p_6}{\gamma} + \alpha \frac{v_6^2}{2g} = \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g} + \frac{p_{14}}{\gamma} \quad (25)$$

dove  $p_6$ ,  $p_{14}$  - la pressione nelle sezioni 6-6 e 14-14 (pari  $p_{14}$  alla pressione atmosferica  $p_a$ ),  $N/m^2$ ;  $v_6$ ,  $v_7$ ,  $v_{14}$  - La

velocità del fluido nelle sezioni 6-6, 7-7 e 14-14 m/s;  $\zeta_7$  - Coefficiente di resistenza al passaggio del profilato metallico 6-6 7-7 alla sezione trasversale del flusso nel ramo alimentatore II;  $\zeta_{14}$  - Coefficiente di resistenza del flusso dal rubinetto nell'alimentatore Scorie trappole II.

Risolvendo la (24) e (25) insieme e sostituendo  $v_7$  si  $v_{13}S_n/S_{un}$  ottiene:

$$v_{14} = v_{13} \sqrt{\frac{(\zeta_7 + \lambda_{1-II}/d_{un}) S_n / S_{un} + \zeta_n + \lambda_n / d_n + 1}{\zeta_{14} + \lambda_n / d_n + 1}} \quad (26)$$

Sostituendo in (24) i valori noti, otteniamo:

$$v_{14} = v_{13} \sqrt{\frac{0,173611\zeta_7 + 1,576354}{\zeta_{14} + 1,15}} \quad (27)$$

In questa formula  $\zeta_7$  e  $\zeta_{14}$ , ed i coefficienti incogniti  $v_7/v_6$  e  $v_{14}/v_6$ , a seconda del rapporto di velocità e che è anche noto. Coefficiente di resistenza, causato separazione del flusso di trappole Scorie nell'alimentatore sarà calcolato dalle formule per la tripla [7,p.112-115]. Coefficiente di resistenza al passaggio del fluido in Scorie intrappola sezione 6-6 7-7 alla sezione trasversale del flusso nel ramo alimentatore II

$$\zeta_{np} = 0,4 \left( 1 - v_{np} / v_k \right)^2 / \left( v_{np} / v_k \right)^2 \quad (28)$$

coefficiente di resistenza del flusso dal rubinetto nelle trappole alimentatore Scorie II

$$\zeta_{ome} = \left[ 1 + \tau \left( v_n / v_k \right)^2 \right] / \left( v_n / v_k \right)^2 \quad (29)$$

ed  $v_{un}$  e  $v_{np}$  in cui - la velocità del metallo in trappole Scorie prima e dopo la porzione di diramazione del flusso nell'alimentatore, m/s;  $v_n$  - Velocità del fluido nell'alimentatore, m/s;  $\tau$  - Coefficiente;  $\tau = 0,15$  [8]. Il coefficiente  $\zeta_{np}$  dato alla velocità di flusso attraverso ottenuti, e  $v_{np}$ , a  $\zeta_{ome}$  - la velocità con

l'alimentatore  $v_n$ . Portata equazione di continuità quando due alimentatori ha la forma seguente:

$$Q = v_2 S_2 = v_6 S_{un} = v_7 S_{un} + v_{14} S_n = v_{14} S_n + v_{13} S_n = (v_{14} + v_{13}) S_n \quad (30)$$

Si supponga che la velocità dell'alimentatore è uguale II nella  $X$  velocità dell'alimentatore I:  $v_{14} = x \cdot v_{13}$ . Poi da (30) si ottiene:

$$Q = v_{13} + x_{14} S_n = v_{13} (1 + x) S_n \quad (31)$$

Definito di essere  $(1 + x) S_n$  qui - alla velocità -  $v_{13}$  un'area alimentatori  $S_{np(13)}^{(2)}$  (due alimentatori di lavoro). Fluire nel sistema

$$Q = v_{13} S_{np(13)}^{(2)} \quad (32)$$

Si supponga che quando due alimentatori  $x = 0,95$ , vale a dire  $v_{14} = 0,95 v_{13}$ . In questo caso  $S_{np(13)}^{(2)} = 1,95 S_n$ .

$Q = 1,95 S_n v_{13} = v_6 S_{un}$ ,  $v_{13} = v_6 S_{un} / 1,95 S_n$ ,  
 $v_{14} = 0,95 v_{13} = 0,95 \cdot v_6 S_{un} / 1,95 S_n$ . A  
 $v_{14} / v_6 = 0,95 S_{un} / 1,95 S_n = 1,169231$  -

questo è il rapporto nella  $v_n / v_k$  formula (29).  $\frac{v_7 S_{un}}{v_6 S_{un}} = \frac{v_7}{v_6} = \frac{v_{13} S_n}{1,95 v_{13} S_n} = \frac{1}{1,95} = 0,512821$  - Il

rapporto  $v_{np} / v_k$  nell'equazione (28).

Seconda (28) troviamo che  $\zeta_7 = 0,360999$ , come per (29)  $\zeta_{14} = 0,881475$ . Sostituire i valori trovati  $\zeta_7$  e  $\zeta_{14}$  nell'espressione (27) e definire:  $v_{14} = 0,898230 v_{13}$ . E ci chiedevamo  $v_{14} = 0,95 v_{13}$ . Effettuare la

seguente approssimazione:  $v_{14} = 0,898230 v_{13}$ . Poi  $v_{14} / v_6 = 1,135664$ ,  $\zeta_{14} = 0,925354$ ,

$v_7 / v_6 = 0,526807$ ,  $\zeta_7 = 0,322727$ ,  
 $v_{14} = 0,886880 v_{13}$ . Con tali approssimazioni per  $v_{14} = 0,888098 v_{13}$  una data di

ricezione  $v_{14} = 0,8880977 v_{13}$ . In questo calcolo il rapporto può essere  $v_{14} / v_{13}$  risolto, come il valore risultante differisce da riferimento soltanto 0.0000003. Accettato  $v_{14} = 0,888098 v_{13}$ .

Alimentatori area ridotta al lavoro 2 alimentatori  $S_{np(13)}^{(2)} = 1,888098 S_n$ ,  $v_7 / v_6 = 0,529634$ ,

$$\zeta_7 = 0,315487, \quad v_{14}/v_6 = 1,128880, \\ \zeta_{14} = 0,934702.$$

Equazione di Bernoulli per le sezioni 1-1 e 13-13 quando due alimentatori sembra la stessa per un singolo alimentatore - questa dipendenza (4). Tuttavia, il flusso nel sistema  $Q = (v_{13} + v_{14})S_n = v_{13}S_{np(13)}^{(2)}$ . Noi  $S_{np(13)}^{(2)} = 1,888098S_n$ ,  $v_2 = v_{13}S_{np(13)}^{(2)}/S_2$ ,  $v_3 = v_{13}S_{np(13)}^{(2)}/S_3$ ,  $v_5 = v_6 = v_{13}S_{np(13)}^{(2)}/S_{urt}$ ,  $v_7 = v_8 = v_{13}S_n/S_{urt}$ . E la perdita di pressione dovrebbe essere scritto come segue: (F33)

L'espressione in parentesi quadra (33) - esso  $\zeta_{1-13(13)}^{(2)}$  - coefficiente di resistenza dalla sezione LS 1-1 alla sezione 13-13, data la velocità del metallo in sezione 13-13 (tenendo conto, naturalmente, il lavoro dei due alimentatori)

(F34)

I risultati dei calcoli sulle equazioni (34), (15)-(20)  $\zeta_{1-13(13)}^{(2)} = 1,106$ ,

$$\mu_{1-13(13)}^{(2)} = 0,689, \quad v_{13}'' = 1,782 \quad \text{m/s},$$

$$Q_{13}'' = 249,89 \cdot 10^{-6} \quad \text{m}^3/\text{s},$$

$$v_{14}'' = 0,888v_{13}'' = 1,583 \quad \text{m/s},$$

$$Q_{14}'' = 221,93 \cdot 10^{-6} \quad \text{m}^3/\text{s}, \quad v_{13}^e = 1,406 \quad \text{m/s},$$

$$Q_{13}^e = 197,08 \cdot 10^{-6} \quad \text{m}^3/\text{s}, \quad v_{14}^e = 0,888v_{13}^e = 1,248 \quad \text{m/s},$$

$$Q_{14}^e = 175,03 \cdot 10^{-6} \quad \text{m}^3/\text{s},$$

$$t_{13}^* = 1,05V_0 / 2 / (Q_{13}^* + Q_{14}^*) = 30,59,$$

$$t_{14}^* = 1,05V_0 / 2 / (Q_{13}^* + Q_{14}^*) = 38,73,$$

$$t_\phi = 69,37.$$

Come si vede, quando due alimentatori I e II rispetto a un alimentatore di lavoro I trascinare coefficiente  $\zeta_{1-13(13)}$  di cui alla velocità  $v_{13}$  aumentata 0,719-1,106, il coefficiente di riduzione del flusso di velocità e portata. Portata totale del sistema è aumentata a causa di aumento del numero di alimentatori, compilando un modulo di metallo è sceso 1,71 volte, non è un fattore di 2, come dovrebbe a causa di raddoppiare il numero di alimentatori. Ciò è dovuto al fatto che quando si collega il secondo corridore quasi 2 volte maggiore velocità

del liquido nella sezione riser trappole scoria 6-6, e la perdita di pressione in queste porzioni è proporzionale al quadrato della velocità maggiore, ossia circa 4 volte.

Calcolare il farmaco con gli altri due alimentatori lavorativi - I e IV. Quando questo inizia la seconda metà trappole scorie, e il rapporto di area sarà tale  $\Sigma S_n : \Sigma S_{urt} : S_{cm} = 0,5 : 1,2 : 1,4$

$$\Sigma S_n = 2,804362 \cdot 10^{-4} \quad \text{m}^2, \quad S_n = 1,402181 \cdot 10^{-4} \quad \text{m}^2, \\ \Sigma S_{urt} = 6,730467 \cdot 10^{-4} \quad \text{m}^2, \quad S_{urt} = 3,365234 \cdot 10^{-4} \quad \text{m}^2. \text{ Formare l'equazione di Bernoulli per le sezioni 1-1 e 13-13}$$

(F35, 36) e per le sezioni 1-1 e 16-16

dove  $\zeta_{4-5(5)}^0$  - coefficiente di resistenza al flusso divisione in sezione di montante tra sezioni 4-4 e 5-5 9-9 trappole scorie, data la velocità del metallo in sezione 5-5;  $\zeta_{4-9(9)}^0$  - Coefficiente di resistenza al flusso nella divisione verticale nel tratto compreso tra le sezioni 4-4 e 5-5 9-9 trappole Scorie dati alla velocità del fluido nella sezione 9-9. Questi coefficienti sono determinati dalla seguente espressione [5,277]:

$$\zeta^0 = [1 + 1,5(v_0/v)^2] / (v_0/v)^2$$

(37)

dove  $v$  - la velocità del fluido di fluire divisione, m/s;  $v_0$  - La velocità del liquido in uno dei canali dividendo la portata, m/sec. Per trovare il rapporto  $v_0/v$ , possiamo scrivere l'uguaglianza ovvio  $v_4S_4 = v_5S_5 + v_9S_9$ . Resta inteso che  $v_5 = v_9$ , poiché una  $S_5 = S_9 = S_{urt}$  pari alimentatori I e IV sono alla stessa distanza dal montante. Poi,  $v_4S_4 = 2v_5S_{urt}$ , e  $v_5/v_4 = S_4/2S_{urt} = 1,666667$  - questo è il rapporto secondo  $v_0/v$  (35). Sostituendo questo valore nella (35), si ottiene  $\zeta_{4-5(5)}^0 = \zeta_{4-9(9)}^0 = 2,234694$ .

Fluire nel sistema  $Q = v_2S_2 = v_3S_3 = v_4S_4 = v_5S_{urt} + v_9S_{urt} = 2v_5S_{urt} = 2v_{13}S_n$ . In questo caso  $v_2 = 2v_{13}S_n/S_2$ ,  $v_3 = 2v_{13}S_n/S_3$ ,  $v_4 = 2v_{13}S_n/S_4$ ,  $v_5 = v_{13}S_n/S_{urt}$ . Utilizzando queste relazioni

in (33), si ottiene la seguente espressione per stimare il coefficiente di resistenza di farmaci quando due alimentatori (I e IV):

(F38)

I risultati dei calcoli:

$$\begin{aligned} \zeta_{1-13(13)}^{(2)} &= \zeta_{1-16(16)}^{(2)} = 1,065, \\ \mu_{1-13(13)}^{(2)} &= \mu_{1-16(16)}^{(2)} = 0,629, \quad v_{13}'' = v_{16}'' = 1,800 \text{ m/s}, \\ Q_{13}'' &= Q_{16}'' = 252,35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \\ v_{13}^e &= v_{16}^e = 1,419 \text{ m/s}, \quad Q_{13}^e = Q_{16}^e = 199,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \\ t_n &= 28,59 \text{ s}, \quad t_e = 36,26 \text{ s}, \quad t_\phi = 64,85 \text{ s}. \end{aligned}$$

Coefficiente di resistenza durante alimentatori funzionamento I e II è maggiore di alimentatori di lavoro I e IV - rispettivamente 1.106 e 1.065. Ciò è dovuto al fatto che in un sistema di alimentatori I e IV del flusso riser andato due trappole Scorie, velocità trappole Scorie caduto quasi 2 volte, e la perdita di pressione - a 4 volte rispetto al sistema di alimentatori I e II.

Considerare farmaci con quattro alimentatori. In questo caso  $\Sigma S_n : \Sigma S_{urt} : S_{cm} = 1,0 : 1,2 : 1,4$ . Formare l'equazione di Bernoulli per le sezioni 4-4 e 13-13

Trappole scorie e consumi  $v_5 S_{urt} = v_{13} S_{np(13)}^{(2)}$  e  $v_9 S_{urt} = v_{16} S_{np(16)}^{(2)}$ . Poi il flusso nel sistema  $Q = v_2 S_2 = v_3 S_3 = v_4 S_4 = 2v_5 S_{urt} = 2v_{13} S_{np(13)}^{(2)} = v_{13} S_{np(13)}^{(4)}$ , dove l'area ridotta per 4 alimentatori  $S_{np(13)}^{(4)} = 2S_{np(13)}^{(2)} = 2S_{np(16)}^{(2)} = 3,776196 S_n$ .

Hanno alla fine:  $v_2 = v_{13} S_{np(13)}^{(4)} / S_2$ ,  $v_3 = v_{13} S_{np(13)}^{(4)} / S_3$ ,  $v_4 = v_{13} S_{np(13)}^{(4)} / S_4$ ,  $v_5 = v_9 = v_{13} S_{np(13)}^{(2)} / S_{urt}$ ,  $v_7 = v_{11} = v_{13} S_n / S_{urt}$ . Utilizzando queste relazioni in (39), si ottiene la seguente espressione per la stima del coefficiente di resistenza di droghe sul lavoro quattro alimentatori (comprende il lavoro di tutti e quattro alimentatori)

(F43)

$$\begin{aligned} \text{I risultati dei calcoli di espressioni (43),} \\ (15)-(20) \quad \zeta_{1-13(13)}^{(4)} &= 2,340, \quad \mu_{1-13(13)}^{(4)} = 0,547, \\ v_{13}'' &= 1,415 \text{ m/s}, \quad Q_{13}'' = 198,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \\ v_{14}'' &= 0,888 v_{13}'' = 1,257 \text{ m/s}, \quad Q_{14}'' = 176,23 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m}^3/\text{s}, \quad v_{13}^e &= 1,116 \text{ m/s} \quad Q_{13}^e = 156,50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \\ v_{14}^e &= 0,888 v_{13}^e = 0,991 \text{ m/s}, \\ Q_{14}^e &= 138,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}, \\ t_n &= 1,05 V_e / 2 / 2 (Q_{13}^e + Q_{14}^e) = 19,26 \text{ s}, \\ t_e &= 1,05 V_e / 2 / 2 (Q_{13}^e + Q_{14}^e) = 24,42 \text{ s}, \\ t_\phi &= 43,68 \text{ s}. \end{aligned}$$

Quando il numero degli alimentatori (e la loro superficie totale) a 4 volte maggiore sistema di alimentazione non è 4 volte, ma solo 2,71 volte - a causa di un aumento delle perdite nel riser e trappole Scorie (trappole Scorie in aree del riser all'alimentatore o II feeder III) quando i nuovi alimentatori. Compilando un modulo di metallo cambiato in modo simile.

Come si può vedere, LS risultati abbastanza plausibili incalcolabili e ottenuti. E alimentatori "conoscono" gli uni degli altri, così l'inclusione (o spegnere) almeno un alimentatore porta ad una ristrutturazione di tutto il sistema idraulico, vedi tabella. E il metodo proposto può essere utilizzato per il calcolo di una varietà di farmaci. Diventa chiaro nel senso del sistema mnogopitatelnoy gating coefficiente di portata: essa non riguarda, e la zona di uno degli alimentatori  $\Sigma S_n$ , più precisamente, la velocità del liquido nell'alimentatore. Con questo risultato diventa chiaro perché i farmaci non vengono calcolati: non è chiaro come farlo. Ma le dimensioni di farmaci assunti con un ampio margine, concentrandosi sui dati di produzione.

La tabella presenta i risultati degli studi con rastremazione droga aspetti seguenti elementi spaziali:  $\Sigma S_n : \Sigma S_{urt} : S_{cm} = 1 : (1-4) : (1-4)$ . Effetto di aumentare il diametro del montante al momento del riempimento della forma metallica 2 volte inferiore alla superficie totale di influenza delle trappole Scorie aumento, e il loro contemporaneo aumento solo leggermente superiore alla somma dei loro effetti singolarmente. Così, in un duplice aumento dell'area del tempo riser riempimento è  $t_\phi$  diminuito di 5,2 secondi,

con un aumento di due volte la superficie totale delle trappole Scorie - meno di 10,8 s, e ad un giunto aumento doppio - da 17.5. Per un aumento di quattro volte del numero sono: 6.6, 13.7 e 23,1 secondi.

Mentre aumenta l'area del riser e la superficie totale di trappole Scorie 4 volte compilazione di un modulo ridotto a 1,81 volte - pur mantenendo la stessa superficie totale di alimentatori - secondo le condizioni del problema; inoltre, in caso contrario il compito è incerto. E ad un duplice aumento dell'area del riser mentre riempimento è diminuito di 11,2%, con un quadruplica - del 11,5%. Con due e quattro volte aumento della superficie totale di trappole Scorie-21,1 e 26,4%, rispettivamente. E, aumentando nel contempo l'area della superficie totale del riser e scorie trappole 2 e 4 volte il numero come segue: 51,5 e 55,1%. E, quindi, l'aumento di queste zone più di 2 volte inefficaci. Simultaneo aumento di due volte nella zona e la superficie totale delle sezioni montanti, mentre il riempimento alimentatori riduce dal 51,5%. È ampiamente usato farmaci per ridurre il metallo

$\Sigma S_n : \Sigma S_{uni} : S_{cm} = 1:1,2:1,4$  compilazione di un modulo solo del 17,9% rispetto ad LS  $\Sigma S_n : \Sigma S_{uni} : S_{cm} = 1:1:1$ , che. E l'idea di usare il farmaco con non abbastanza chiaro  $\Sigma S_n : \Sigma S_{uni} : S_{cm} = 1:1,2:1,4$ .

Come modificare  $\zeta_n, \zeta_{uni}, \zeta_{1-13(13)}, \mu_{1-13(13)}, V_{13}, v_{14}/v_{13}, t_\phi$ , a seconda della relazione  $\Sigma S_n : \Sigma S_{uni} : S_{cm}$ , è evidente dalla tabella. Nota solo un fatto molto interessante: con valori decrescenti  $S_n : S_{uni}$  0,500-0,125 rapporto è  $v_{14}/v_{13}$  aumentato 0,832-1,034, cioè, il prezzo del metallo nell'alimentatore vicino al montante è diventato più che il lontano dall'alimentatore riser. Tipicamente, la velocità del liquido nell'alimentatore materozza distale superiore blizhnek alimentatore al montante.

La domanda sorge spontanea: i metodi di calcolo esistenti e proposte ottenuti quasi

la stessa forma tempo di riempimento di metallo nel sistema quando  $\Sigma S_n : \Sigma S_{uni} : S_{cm} = 1:1,2:1,4$  si lavora con 4 alimentatori - 43,03 e 43,68 rispettivamente. Questo è accaduto perché il mondo è stato  $\mu = 0,5$  adottato per il calcolo del tasso medio dei valori raccomandati  $\mu = 0,25 - 0,80$ . Questo numero viene acquistata, ovviamente, del tutto arbitraria. Nel libro [9, p. 317 si consiglia di prendere per  $\mu = 0,4$  i farmaci complessi  $\mu = 0,5 - 0,6$  per i sistemi di media complessità, e  $\mu = 0,6 - 0,8$  per i sistemi semplici. Ma non è dato una chiara definizione di ciò che un farmaco è complesso, che - media difficoltà, e che - semplice. La monografia J. Przhbyla [10, p. 55-56 dice: " Il valore numerico  $\mu$  varia da 0.25 (per sistema di colata molto complesso, non meno di tre bruschi cambi di direzione e sezioni) a circa 0,94, quando il cancello è incluso direttamente nella cavità dello stampo. Per il sistema di colata convenzionale  $\mu = 0,31$ ". Significato del farmaco con due alimentatori, alimentatori carta corrispondenti I e II nei nostri farmaci, per i quali è  $\mu = 0,682,2$  volte superiore a quello di J. Przhbyla. L' AA esercitazione Ryzhykova [11, p.405] afferma che la media per le forme  $\mu = 0,35$  secche ed umide di 0,30. Secondo al nostro tavolo  $\mu = 0,763$  per un singolo alimentatore e funzionante  $\mu = 0,547$ -al lavoro tutti e quattro alimentatori. E solo nel sistema di guide a L con 6 si trova lungo uno alimentatori da collezione che abbiamo ottenuto  $\mu = 0,500$  [8].

Metodo di calcolo, rappresentata dalle formule (1)-(3), quasi 60 anni. Come è stato affermato nei libri [11-13] ed utilizzato senza variazione di libri e articoli [2,3,9, 14-16] moderni. L'equazione (1) è stato ottenuto come risultato di numerosi dati temporali elaborazione di produzione versando getti di diverso peso di diverse leghe, e senza diritto ad esso. L'equazione (2)-questa è la formula esatta per determinare la pressione che agisce durante



il riempimento della cavità dello stampo per la fusione, in cui la sezione trasversale non varia in altezza, come mostrato in figura. Questa formula nei libri di testo di idraulica no, lei si avvicinò a rotelle. E non dovrebbe essere utilizzata diversa  $H$  da quella rara occasione. Necessità di contare il riempimento dello stampo inferiore, a pressione costante, come mostrato sopra. E il riempimento dello stampo inferiore ottenuto accurate in qualsiasi forma di pezzi fusi, è necessario solo il suo volume. Riempire lo stampo superiore avviene a pressione, calcolata in (20); l'improvviso cambiamento nella sezione trasversale del getto può essere diviso in 2 o 3 volume e contare ogni volume di riempimento durante la sua altezza dell'acqua proiettata  $H_p$ .

L'equazione (3) è necessario per una determinazione preliminare  $\Sigma S_n$ . Non conoscendo la dimensione degli elementi di farmaci non è possibile calcolare il coefficiente di flusso  $\mu$ . Ottenere la dimensione di LS, trovare compilando un modulo metallo e confrontarlo con quello ottenuto per il rapporto di (1). Con discrepanze significative cambiano le dimensioni e il metodo LS di approssimazioni successive portiamo il ripieno a formare valore del metallo trovato dai (1). Perché a parte questa relazione non abbiamo niente altro. Questo dovrebbe essere il metodo di calcolo dei sistemi di colata.

A quanto pare, il primo pagamento è stato effettuato mnogopitatelnoy LS in [17], che ha tenuto conto che la perdita di pressione nelle tubazioni parallele - alimentatori - non cumulabili, l'equazione di Bernoulli è compilato per ciascuno degli alimentatori di lavoro e sistema chiuso di equazioni è il rapporto evidente: il flusso metallo liquido nel sistema di colata è la somma dei costi operativi in tutti gli alimentatori. Successivi studi teorici e sperimentali su acqua e liquido AK12 lega di alluminio [18-22]-migliaia di esperimenti-hanno dimostrato che l'equazione di Bernoulli può essere

utilizzato per il flusso incrociato con portata variabile, anche se è stato derivato per il caso speciale-con un flusso costante flusso.

Così, per la prima volta realizzato uno studio di riempire lo stampo con il metallo liquido utilizzando un sistema a canali conico con elementi del rapporto di 1:1:1 zona a 1:4:4. Viene illustrato l' utilizzo dell'equazione di Bernoulli per calcolare il flusso di liquido a portata variabile. Le tariffe, costi e tempi di realizzazione del metallo stampo superiore e inferiore a seconda delle diverse sezioni dei rapporti di area riser, trappole scorie e alimentatori. Scoperto che pur mantenendo il totale alimentatori zona aumentano il rapporto di 1:02:02 zona è inefficace. Quando si utilizzano i letteratura 1:1,1:1,2 rapporti di area raccomandate, 1:1,2:1,3, 1:1,2:1,4 compilando un modulo metallico non rientra più del 18% rispetto al sistema in cui il rapporto 1:1:1 zona. Dimensioni elementi farmaci trovare per approssimazioni successive per ottenere un tempo di riempimento forma prefissata con metallo liquido.

#### References:

1. Chugaev R.R., 2008. Hydraulics. Moscow. Publisher "Bastet", p.672.
2. Foundry technology. Yekaterinburg. Publisher of the Ural State University of Professional Education, 2000. 662 p.
3. G.F. Balandin, 1976. Fundamentals of the theory of formation of the casting. Part I. Thermal foundations of the theory. Cooling and solidification of the casting. Moscow. Engineering, p.328.
4. Tokarev J.V., 1966. Concerning the hydraulic resistance of the individual elements of unclosed gating systems. Improved technology for making castings. Sverdlovsk. Publisher Ural Polytechnic Institute. pp. 32-40.
5. Idelchik I.E., 1992. Handbook of hydraulic resistance. Moscow. Engineering, p.672.
6. Vasenin V.I., Vasenin D.V., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2012. Study of local resistance gating system. Herald Perm National Research Polytechnic

- University. Engineering, materials science. Volume 14. #2. pp. 46-53.
7. Meerovitch I.G., G.F. Muchnik, 1986. Hydrodynamics collection systems. Moscow. Science, p.144.
  8. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2012. Studies of L-shaped gating system. Herald Perm National Research Polytechnic University. Engineering, materials science. Volume 14. #4. pp. 108-122.
  9. Foundry technology. Sand casting. Moscow. Publishing Center "Academy", 2005. 526 p.
  10. Przhibyl J., 1967. Theory foundry processes. Moscow. World, p.328.
  11. Rizhikov A.A., 1962. Technological bases foundry. Moscow. Mashgiz. p.528.
  12. Kuzelev M.J., A.A. Skvortsov, N.N. Smelyakov, 1956. Directory foundry worker. Moscow. Sverdlovsk Mashgiz, 636 p.
  13. Dubitskiy G.M., 1962. Pouring system. Moscow. Sverdlovsk. Mashgiz p.256.
  14. Golod V.M., Denisov V.A., 2007. Theory, computer analysis and the technology of steel castings. St. Petersburg, 612 p.
  15. Theory of casting processes. Khabarovsk, 2008. 580 p.
  16. Kukui D.M., V.A. Skvortsov, Andrianov N.V., 2011. Theory and Technology foundry. Part II. Minsk. Moscow, p.404.
  17. Vasenin V.I., 1988. Peculiarities of calculation of metal consumption in the gating system. Proceedings of the universities. Engineering. #1. pp. 103-106.
  18. Vasenin V.I., 2007. Calculation of metal consumption in branched gating system. Foundry. #4. pp. 5-8.
  19. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2013. Research of formation of vacuum in gating system. European Science and Technology: materials of the IV international research and practice conference, vol. I. Munich (Germany). Vela-Verlag, pp. 364–370.
  20. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2013. Research of gating system with collector of variable crosssection. Science, Technology and Higher Education: materials of the II international research and practice conference, vol. II. – Westwood (Canada): Accent Graphics communications, pp. 250–260.
  21. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2013. Determination of the pressure of flow liquid in the cross gating system. European Applied Sciences. #6(2). pp. 7–13.
  22. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V., 2013. Research of cross gating system with feeders of variable crosssection. 2nd International conference on the political, technological, economic and social processes. London: Scieuro, pp. 55–80.

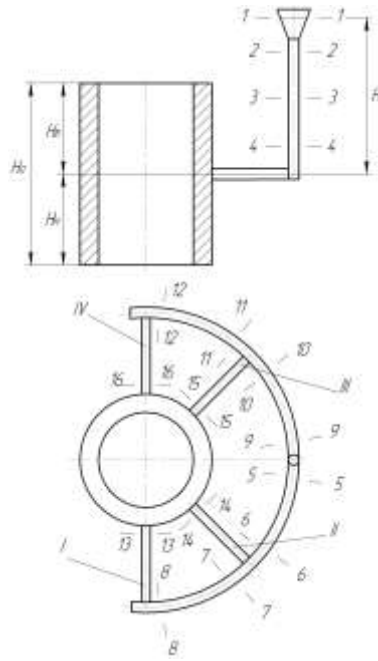


Fig. Schema di riempimento

Caratteristiche del sistema di colata

Tabella

Rapporto di Area	Dati						
	$\zeta_n$	$\zeta_{un}$	$\zeta_{1-13(13)}$	$\mu_{1-13(13)}$	$v_{13}^H$	$\frac{v_{14}^H}{v_{13}^H}$	$t_\phi$
1:1:1	0,429	0,429	3,373	0,478	1,237	0,832	51,50
1:1:1,2	0,429	0,381	3,181	0,489	1,265	0,832	48,87
1:1:1,4		0,352	2,963	0,502	1,299		47,58
1:1:1,6		0,332	2,823	0,511	1,323		46,73
1:1:2		0,308	2,538	0,532	1,375		46,32
1:1:2,5		0,303	2,439	0,539	1,395		45,67
1:1:3		0,299	2,384	0,544	1,406		45,31
1:1:3,5		0,296	2,351	0,546	1,413		45,08
1:1:4		0,294	2,329	0,548	1,418		44,93
1:1,2:1	0,381	0,497	2,920	0,505	1,306	0,888	47,32
1:1,4:1	0,352	0,576	2,631	0,525	1,357	0,925	44,67
1:1,6:1	0,332	0,666	2,436	0,540	1,395	0,951	42,89
1:2:1	0,308	0,880	2,198	0,559	1,446	0,982	40,73
1:2,5:1	0,303	1,410	2,059	0,572	1,479	1,007	39,33
1:3:1	0,299	2,098	1,981	0,579	1,498	1,021	38,56
1:3,5:1	0,296	2,946	1,932	0,584	1,510	1,028	38,10
1:4:1	0,294	3,953	1,901	0,587	1,519	1,034	37,79
1:1,2:1,2	0,381	0,429	2,557	0,530	1,371	0,888	45,08
1:1,2:1,4	0,381	0,388	2,340	0,547	1,415	0,888	43,68
1:1,4:1,4	0,352	0,429	2,028	0,575	1,486	0,925	40,79
1:1,6:1,6	0,332	0,429	1,653	0,614	1,588	0,950	37,69
1:2:2	0,308	0,429	1,229	0,670	1,732	0,982	34,00
1:2,5:2,5	0,303	0,429	0,951	0,716	1,852	1,006	31,42
1:3:3	0,299	0,429	0,795	0,746	1,930	1,020	29,93
1:3,5:3,5	0,296	0,429	0,700	0,767	1,983	1,029	29,01
1:4:4	0,294	0,429	0,638	0,781	2,021	1,034	28,40

$$h_{1-13} = \zeta_{cm} \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{uwl} + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_{uwl}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g},$$

F5

$$h_{1-13(13)} = \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} \left[ \zeta_{cm} \left( \frac{S_n}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{S_n}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{uwl} + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uwl}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right]$$

F11

$$\zeta_{1-13(13)}^{(1)} = \zeta_{cm} \left( \frac{S_n}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{S_n}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{uwl} + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uwl}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}$$

F12

$$\frac{p_6}{\gamma} + \alpha \frac{v_6^2}{2g} = \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{uwl}} \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} + \frac{p_{13}}{\gamma}$$

F24

$$h_{1-13(13)} = \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} \left[ \zeta_{cm} \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{uwl} + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_{uwl}} \right)^2 + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uwl}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right]$$

F33

$$\zeta_{1-13(13)}^{(2)} = \zeta_{cm} \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{uwl} + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_{uwl}} \right)^2 + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uwl}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}.$$

F34

$$H = \zeta_{cm} \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-5(5)}^\partial + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_{uwl}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}$$

F35

$$H = \zeta_{cm} \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \alpha \frac{v_3^2}{2g} + \left( \zeta_{4-9(9)}^\partial + \lambda \frac{l_{cm-IV}}{d_{uwl}} \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{16}^2}{2g}$$

F36

$$\zeta_{1-13(13)}^{(2)} = \zeta_{cm} \left( \frac{2S_n}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{2S_n}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{4-5(5)}^\partial + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_{uwl}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uwl}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}$$

F38

$$\zeta_{1-13(13)}^{(4)} = \zeta_{cm} \left( \frac{S_{np(13)}^{(4)}}{S_2} \right)^2 + \lambda \frac{l_{cm}}{d_3} \left( \frac{S_{np(13)}^{(4)}}{S_3} \right)^2 + \left( \zeta_{4-5(5)}^\circ + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{uui}} \right) \left( \frac{S_{np(13)}^{(2)}}{S_{uui}} \right)^2 + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{uui}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{uui}} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}.$$

F43

$$\frac{p_4}{\gamma} + \alpha \frac{v_4^2}{2g} = \left( \zeta_{4-5(5)}^\circ + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{I-II}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}$$

F39

per le sezioni 4-4 e 14-14

$$\frac{p_4}{\gamma} + \alpha \frac{v_4^2}{2g} = \left( \zeta_{4-5(5)}^\circ + \lambda \frac{l_{cm-II}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_{14} + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{14}^2}{2g}$$

F40

per le sezioni 4-4 e 15-15

$$\frac{p_4}{\gamma} + \alpha \frac{v_4^2}{2g} = \left( \zeta_{4-9(9)}^\circ + \lambda \frac{l_{cm-III}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g} + \left( \zeta_{15} + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{15}^2}{2g}$$

F41

e per le sezioni 4-4 e 16-16

$$\frac{p_4}{\gamma} + \alpha \frac{v_4^2}{2g} = \left( \zeta_{4-9(9)}^\circ + \lambda \frac{l_{cm-III}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_9^2}{2g} + \left( \zeta_{11} + \lambda \frac{l_{III-IV}}{d_{uui}} \right) \alpha \frac{v_{11}^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right) \alpha \frac{v_{16}^2}{2g}$$

F42

$$v_5 = v_9, v_7 = v_{11}, v_{14} = v_{15}, v_{13} = v_{16} \cdot v_5 / v_4 = 1,166667, \zeta_{4-5(5)}^\circ = \zeta_{4-9(9)}^\circ = 2,234694 \cdot v_{14} = 0,888098 v_{13}, v_{15} = 0,888098 v_{16}, S_{np(13)}^{(2)} = 1,888098 S_n, S_{np(16)}^{(2)} = 1,888098 S_n.$$