

CDU 622.271.6 (075.3)

L. Koziriatsky (docteur ès science, professeur),**A. Yatsenko** (docteur ès science, professeur),**V. Prishchenko** (maitre),

Université nationale technique de Donetsk

DETERMINATION DES PARAMETRES OPTIMAUX DU COMPLEXE DE DRAGEUSE-SUSEUSE D'AIRLIFT POUR L'EXTRACTION MINERAUX UTILES DU FOND DU BASSINS

On présente la méthode de calcul des paramètres optimaux du du complexe de drageuse-suseuse d'airlift (CDSA) pour l'extraction de minéraux, comme les matériaux pulvérulent de construction (sable, gravier, cailloux de sable - gravier) du fond des bassins. On présente schéma CDSA, graphiques de la distribution de pression et de la vitesse le long du tube de levage d'airlift, les caractéristiques sans dimension couteuses et l'énergie de transport d'airlift.

Mots-clès: airlift, schéma hydraulique, débit, air comprime, submersion, conduite, concentration, solides, boues, vitesse, pression, caractéristiques, calibre l'hydraulique.

Le probleme et sa relation avec les problemes scientifiques et pratiques. Installations d'airlift sont largement utilisées dans diverses industries [1, 2, 3, 4] et pour destinations différentes. Par exemple, ce sont le nettoyage des albaques (puits, puisard, décanteurs préalables, dépôts) des solides, lifting hydraulique du masse rocheuse (charbon et de roche) sur les mines hydraulique, l'exhaure et l'épuisement, l'extraction hydraulique des matériaux de construction butin (sable, gravier, cailloux de sable - gravier) du fond des bassins, le nettoyage des lac, rivières, mers de boue et d'approfondir ces bassins, les travaux hydrotechniques, le pompage de liquides agressifs, gaz naturel, pétrole, extraction profonde des minéraux utiles du fond d'océan et d'autres.

Problème. Pour chacun d'airlift ci-dessus seront différents éléments (dispositif d'aspiration, le mélangeur, séparateur d'air, récipients intermédiaires, etc.), sera différents paramètres de calcul et la sélection de l'équipement [1, 3]. Airlift peut pas produite en série par les plantes que chacun est unique et nécessite des projets individuels [4]. Le but de ce travaille est le développement de méthodes de calcul des paramètres de base optimale du CDSA.

Déclaration de la matière et les résultats. Par les données de départ initiales pour le compte hydraulique d'airlift CDSA ce sont: la productivité

nécessaire de matériaux solides $Q_T, m^3/h$; l'aspect du matériel, qui est obtenu, et ses propriétés physiques: la densité ρ_T , la forme et la taille des particules solides d_K ; la hauteur de l'élévation du mélange hydraulique H ; minimal $h_{p\ min}$ et maximum $h_{p\ max}$ la profondeur de l'élaboration.

Le schéma hydraulique du complexe de drageuse-suseuse d'airlift est présenté sur fig.1.

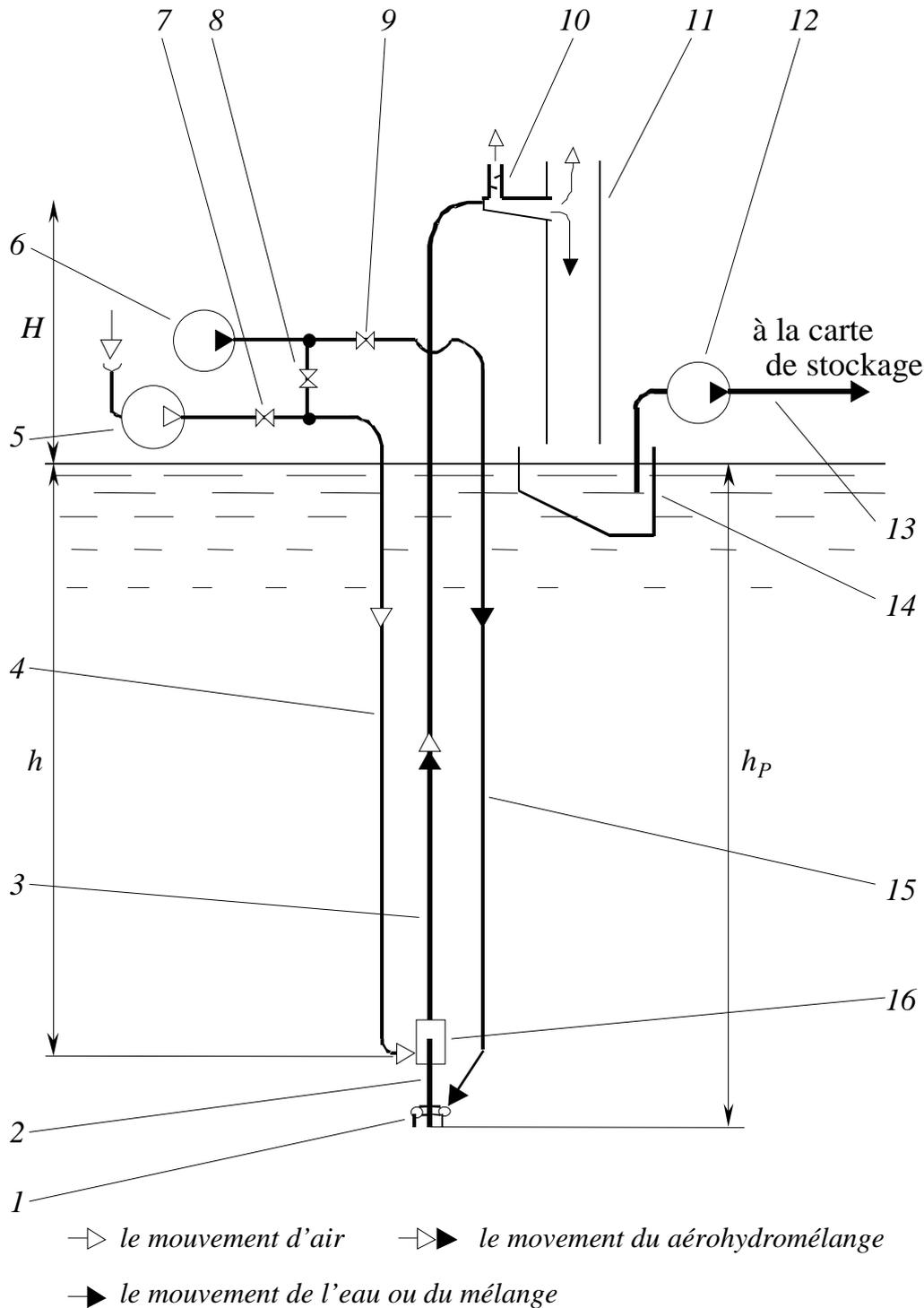


Fig.1. Le schéma hydraulique du complexe drageuse-suseuse d'airlift

Le complexe insère: le dispositif d'aspiration 1, le raccord de tuyau d'adduction (amenant) 2, le mélangeur 16, le tube d'élévation 3, le tube porte d'air 4 et le séparateur d'air 10. L'eau propre est refoulé aux ajutages du dispositif d'aspiration 1 par la pompe 6 d'après la conduite 15, qu'assure l'affouillement et la destruction du sol. La pulpe se dirige d'après le raccord de tuyau d'amené 2 de dispositif d'aspiration 1 au mélangeur 16, où est mélangé avec l'air comprimé, qui est donné au mélangeur par le compresseur 5 d'après la conduite porte d'air 4. Le mélange à la formé triphasé d'après le tube d'élévation 3 se lève vers le séparateur d'air 10, où il est séparé sur deux phases: l'air se dirige à l'atmosphère, mais le pulpe fusionne au colonne de vidange de pulpe 11 au réservoir intermédiaire 14. Au dernier se passe étendage par l'eau jusqu'à la concentration nécessaire au transvasement elle. De réservoir intermédiaire la pulpe refoule par la pompe à boue 12 d'après la conduite de pulpe 13 pour la carte de stockage.

Le schéma hydraulique pour le calcul d'airlift CDSA est présenté sur fig. 1. A la profondeur maximale de l'élaboration $h_{p \max}$ moins que 70 m il est recommandé d'appliquer le schéma séparée avec le dispositif d'aspiration et le mélangeur d'une manière positive uni dans un noeud. Dans un tel schéma le tube d'amené sera manquant, mais la profondeur minimale et maximale du plongement du mélangeur $h_{\min} = h_{p \min}$ et $h_{\max} = h_{p \max}$.

Pour la profondeur maximale de l'élaboration $h_{p \max}$ plus haut que 70m il est nécessaire d'appliquer le schéma séparé avec le dispositif d'aspiration et le mélangeur, avec cela la profondeur maximale de l'immersion du mélangeur h_{\max} ne doit pas excéder 70m. Cela est conditionné ce que les stations t de compresseur à grand productivité, qui sont utilisés à les installations d'ailift, créent la pression excédentaire pas plus que 0,8 ... 0,9 MPa. Dans un tel cas l'hauteur de la conduite d'amenée, égale à:

$$h_{\text{IT}} \geq h_{p \max} - 70, \quad (1)$$

et la profondeur minimale et maximale de l'immersion du mélangeur

$$h_{\min} = h_{p \min} - h_{\text{IT}}; \quad h_{\max} = h_{p \max} - h_{\text{IT}}. \quad (2)$$

La hauteur d'élévation du mélange d'air et du liquide H est définie par la structure et les tailles de séparateur d'air et colonne de vidange de pulpe, ainsi que la longueur de section du tube d'élévation. Aux comptes on peut accepter $H = 3,5 \dots 5,5$ m.

D'airlift doit assurer du travail sûr permanent à tout diapason des profondeurs du plongement de h_{\min} à h_{\max} .

Le plongement relative minimale et maximale du mélangeur d'airlift

$$\alpha_{\min} = \frac{h_{\min}}{H + h_{\min}}; \quad \alpha_{\max} = \frac{h_{\max}}{H + h_{\max}}. \quad (3)$$

Il faut calculer d'airlift faire pour α_{\min} , c'est-à-dire pour les conditions pires du travail, car au α_{\min} serais les grandes débits de l'air comprimé.

La productivité nécessaire d'airlift CDSA d'après le mélange se détermine en partant de la productivité donnée d'après matériaux solides

$$Q_E = Q_T / S \quad (4)$$

où S – la concentration volumique du matériau solide dans un liquide; pour le sable, l'argile et la roche $S = 0,15...0,25$; pour le charbon $S = 0,20...0,30$.

Le débit spécifique de l'air comprimé pour la montée 1 m^3 du mélange pour d'airlift CDSA (au plongement relatif, que se trouve dans le diapason $\alpha = 0,4...0,95$) [3]

$$q = 0,95 \alpha_{\min}^{-1,8} \quad (5)$$

Le débit de l'air dans un régime optimal amènent aux conditions normales

$$Q_{II} = q Q_E.$$

La productivité de la station de compresseur doit être sur 20... 25 % supérieur, pour assurer la possibilité du réglage de la productivité d'airlift.

La pression de mise en marche de l'air à le plongement maximal du mélangeur, Pa

$$P_{\text{CM. II. max}} = \rho g h_{\max}. \quad (6)$$

En fonction de la grandeur des débit nécessaires de l'air et la pression maximale de mise en marche choisir le type et la quantité des compresseurs (un ou quelques), l'annexe 3. Amener les caractéristiques principales techniques du compresseur: la productivité, la pression excédentaire etc.

L'abaissement de la pression à la montée du mélange d'air et du liquide dans le tube d'élévation amène vers l'élargissement de l'air et l'augmentation (à quelques fois) de la vitesse du courant dans la partie supérieure du tube. Pour la diminution de la irrégularité de la vitesse du courant du mélange d'air et du liquide le long du tube d'élévation, le dernier peut s'accompli de quelques section au diamètre différent. Le fractionnement pour les section se fait de la condition de l'égalité du degré l'élargissement l'air dans tous les sections: la relation de la pression de

l'entrée au degré et de la sortie de lui pour tous les sections doivent être constant, fig. 2. La quantité des sections se détermine d'après la dépendance

$$n_{\text{cr}} = \ln \frac{p_a + \rho g h_{\text{max}}}{p_a}, \quad (7)$$

où p_a - la pression atmosphérique, Pa; ρ - la densité du liquide, qui transporte, (d'eau), kg/m^3 ; g - l'accélération de la gravité, m/s^2 ; et s'arrondit jusqu'à plus proche plus grand. Si $n_{\text{cr}} \leq 1$ - la fractionnement pour les sections ne se fait pas. Le degré de l'abaissement de la pression dans une section

$$\varepsilon = \left(\frac{p_a + \rho g h_{\text{max}}}{p_a} \right)^{\frac{1}{n_{\text{cr}}}}. \quad (8)$$

Le compte des longueurs des sections se fait par telle manière. Les coordonnées verticales au début des section se détermine d'après la dépendance

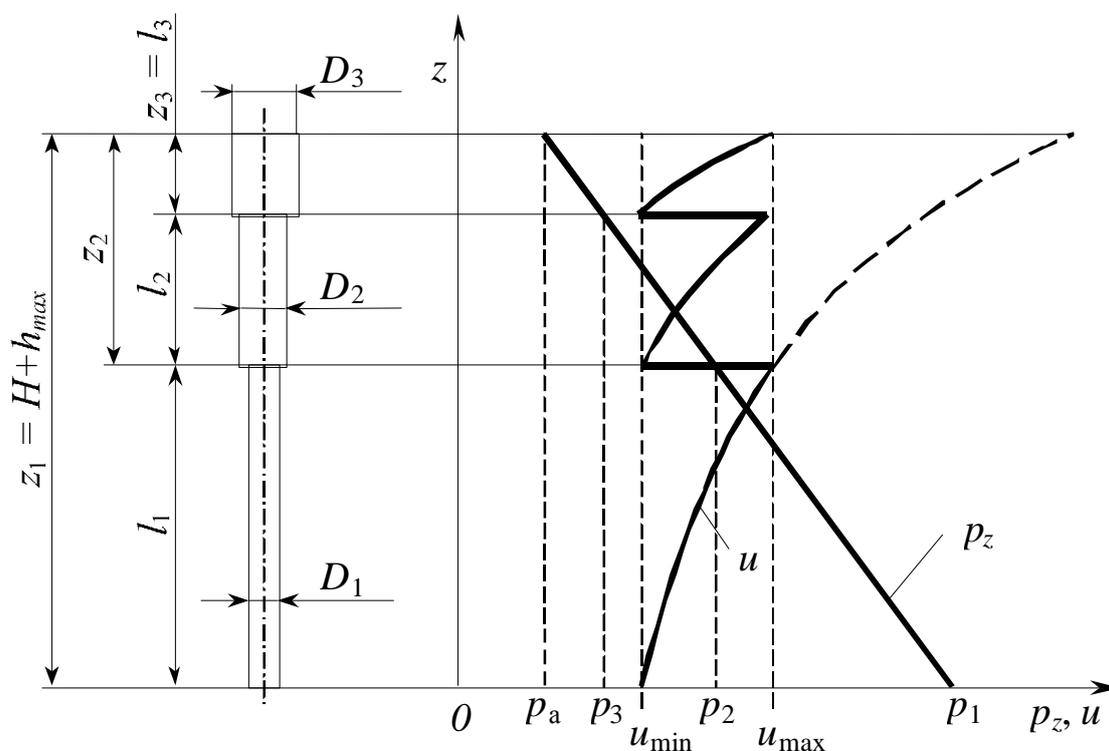


Fig. 2. La distribution de la pression et de la vitesse du courant le long du tube d'élevation d'irlift

$$z_i = \frac{1}{\varepsilon} \left(z_{i-1} - \frac{p_a(\varepsilon - 1)}{\rho g \alpha_{\max}} \right), \quad i = 2 \dots n_{\text{ст}}, \quad (9)$$

ici z_i - la coordonnée verticale au début de i -ème degré, z_{i-1} - la coordonnée au début de la section précédant. Le compte conduit à partir de z_2 , avec cela $z_1 = (H + h_{\max})$. Les longueurs des sections se déterminent d'après la dépendance

$$l_i = z_i - z_{i+1}. \quad (10)$$

Le diamètre équivalent du tube d'élévation d'airlift, m

$$D_E = \left(\frac{Q_E}{K_Q \sqrt{g}} \right)^{0,4}, \quad (11)$$

où K_Q - le coefficient sans dimension du débit, qui pour les airlifts courts se détermine d'après la dépendance

$$K_Q = 3,68 \sqrt{\alpha} \frac{\sqrt{q + \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)}}{1 + q}. \quad (12)$$

Pour le tube d'élévation du diamètre constant ($n_c = 1$) d'après Normes d'Etat 8732-88 (annexe 2) il faut choisir le tube avec le diamètre intérieur, plus proche vers équivalent, et l'épaisseur de la paroi 7... 10 mm.

Pour le tube d'élévation sectionné le choix des diamètres des tubes des sections se réalise pour les conditions de la garantie des vitesses identiques montée du mélange d'air et du liquide au début de chaque section (qui s'égalent les vitesses au début du tube d'élévation, fig. 2) et les égalités de la résistance hydraulique du tube d'élévation sectionné et le tube d'élévation avec le diamètre D_E . Le diamètre du premier section est défini d'après la dépendance

$$D_1 = D_E \left(\frac{l_i + \sum_{i=2}^{n_{\text{cm}}} l_i k_{Di}^{-5}}{H + h_{\max}} \right)^{1/5} \quad (13)$$

mais le reste

$$D_1 = D_1 k_{Di}, \quad i = 2 \dots n_{\text{ст}}, \quad (13)$$

où

$$k_{Di} = \sqrt{\left(1 + q \frac{p_a}{p_i}\right) / \left(1 + q \frac{p_a}{p_1}\right)}, \quad i = 2 \dots n_{\text{CT}}; \quad (14)$$

$p_1 = p_a + \rho g h_{\text{max}}$ et $p_i = p_a + \rho g \alpha_{\text{max}} z_i$ - la pression absolue au début des 1-ers et i -èmes section du tube d'élévation.

Il faut choisir le tube avec diamètre intérieur plus proche vers de comptes, et l'épaisseur de la paroi 7...10 mm pour chaque section d'après Normes d'Etat 8732-88 (annexe 2).

Pour assurer le régime ferme de travail d'airlift de la montée du matériau solide, la vitesse du courant du mélange d'air et du liquide sur l'entrée au tube d'élévation doit être plus critique.

La vitesse critique du transport du matériau solide par le mélange d'air et du liquide d'après la conduite verticale, m/s

$$u_{\text{кр}} = u_{\text{P}}'' + K \sqrt{a_z S_z g D_{\text{BH}}} \quad (15)$$

où u_{P}'' - la vitesse de la chute serrée des particules au liquide, m/s; K - la constante scientifique, qui dépend de la dimension des particules solides d_K (à $0 < d_K \leq 3$ mm $K = 2,5$; au $3 < d_K \leq 10$ mm $K = 2,5 \dots 3$; au $10 < d_K \leq 18$ mm $K = 3 \dots 3,5$) [1, 3]; a_z - la densité différentielle relative du courant à z intersection du tube d'élévation; S_z - la concentration volumétrique du matériau solide du mélange d'air et du liquide dans z intersection du tube d'élévation; D_{BH} - le diamètre intérieur du tube d'élévation,

$$a_z = \frac{\rho_{\text{T}}}{\rho} (q_z + 1) - 1, \quad (16)$$

$$S_z = \frac{S}{(q_z + 1)}, \quad (17)$$

où ρ_{T} - la densité du matériau solide que se transporte, kg/m^3 ; q_z - le débit spécifique de l'air amenées à la pression dans la z intersection du tube d'élévation

$$q_z = q \frac{p_a}{p_a + p_z}, \quad (18)$$

où p_a - la pression atmosphérique, Pa; p_z - la pression dans z intersection du tube d'élévation, Pa; $p_z = \rho g \alpha z$. Nous comptons la vitesse critique

du transport pour l'entrée au tube d'élévation à la profondeur du plongement maximale du mélangeur, c'est pourquoi $p_z = p_{3M} = \rho g h_{\max}$.

La vitesse de la chute serrée des particules du matériau solide au liquide, m/s

$$u_p'' = u_p (1 - S_z)^2 \left[1 - \left(\frac{d_K}{D_{BH}} \right)^2 \right], \quad (19)$$

où u_p - la vitesse de la chute libre des particules au liquide, m/s

$$u_p = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{d_K}{C_0} a_z}, \quad (20)$$

où C_0 - le coefficient de la résistance du mouvement des particules solides dans le courant d'air d'eau; $C_0 = 0,86$ [1].

La vitesse réelle du courant du mélange d'air et du liquide sur l'entrée au tube d'élévation sera, m/s

$$u_{\text{вх.д}} = \frac{4Q_E (1 + q_z)}{\pi D_{BH}^2}. \quad (21)$$

Si en résultat du compte est reçu que $u_{\text{вх.д}} > u_{\text{кр}}$, cela signifie qu'au début du mouvement d'après le tube d'élévation on atteint la vitesse, qui assure le régime permanent du travail d'après la montée du matériau solide à d'airlift, mais puisque avec le cheminement en haut la vitesse du mélange d'air et du liquide augmente en conséquence de l'élargissement de l'air comprimé, et en toute hauteur du tube d'élévation la vitesse du courant mélange sera plus haute que la critique. Si la condition $u_{\text{вх.д}} > u_{\text{кр}}$ n'est pas accomplie, le diamètre du tube d'élévation d'airlift est choisi incorrectement. Il faut choisir le tube avec un plus petit diamètre intérieur et répéter le compte.

Le compte de la vitesse critique et réelle pour le tube d'élévation d'étage il faut accomplir pour chacun des étages. Les vitesses se comptent sur l'entrée au étage, où la valeur de la vitesse réelle est minimale.

Le compte de la conduite d'aménée s'accompli si on choisit le schéma d'airlift avec le dispositif séparé d'aspiration et avec le mélangeur. Il ne faut pas accomplir le compte amené plus bas, si pour l'installation d'airlift le schéma accepté avec le dispositif d'aspiration et le mélangeur qui constructivement cumulés dans un noeud.

Le tube d'aménagé se choisit d'après Normes d'Etat 8732-88 avec le diamètre intérieur, qui est égale $0,7...0,8D_{BH}$, et avec l'épaisseur de la paroi $7...10$ mm. Le tube choisi est contrôlé sur la garantie du régime permanent du transport du matériau solide.

La vitesse $u_{\Pi.kp}$, que nécessaire pour transport du matériau solide dans la conduite d'aménagé, se compte d'après les dépendances (17), (21) et (22) à telles significations des valeurs: la densité différentielle relative du courant

$$a = \frac{\rho_T}{\rho} - 1; \quad (22)$$

La concentration volumétrique du matériau solide dans le mélange hydraulique S (au lieu de S_z); le diamètre intérieur du tube d'aménagé $D_{\Pi.BH}$ - conformément à choisi la dimension type du tube; le coefficient de la résistance du mouvement des particules solides dans le courant à une phase $C_0 = 0,64$.

La vitesse réelle du mouvement du mélange hydraulique dans le tube d'aménagé au diamètre choisi de la conduite, m/s

$$u_{\Pi.\partial} = \frac{4Q_E}{\pi D_{\Pi.BH}^2} \quad (23)$$

La condition nécessaire pour le transport du matériau solide dans le tube d'aménagé s'assurée à $u_{\Pi.\partial} > u_{\Pi.kp}$. Si cette condition n'est pas accomplie, il faut choisir le tube d'aménagé avec un plus petit diamètre intérieur et répéter le compte.

Pour la construction de la caractéristique de débit d'airlift il est nécessaire :

1. Construire la caractéristique sans dimension d'airlift.
2. À la base de la caractéristique sans dimension recevoir la caractéristique réelle de débit d'airlift.

La caractéristique sans dimension d'airlift c'est une dépendance de la productivité sans dimension d'airlift \bar{Q}_E des débits sans dimensions de l'air comprimé \bar{Q}_E

$$\bar{Q}_E = \frac{Q_E}{Q_{E.опт}}, \quad \bar{Q}_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{Q_{\Pi.опт}}, \quad (24)$$

où $Q_{E.опт}$ et $Q_{\Pi.опт}$ - la productivité d'airlift et les débits de l'air comprimé au régime optimal du travail d'airlift.

La caractéristique sans dimension d'airlift, fig. 3, est la circonférence par le rayon $R = \sqrt{2}$ avec le centre dans le point $A(\bar{Q}_E = 0; \bar{Q}_\Pi = 2)$. Le point $B(\bar{Q}_E = 1; \bar{Q}_\Pi = 1)$, que se trouve sur cette circonférence, répond au régime optimal du travail de l'installation d'airlift [3].

Pour la transformation la caractéristique de débit sans dimensionnelle à la caractéristique réelle il faut représenter les échelles des débits dimensionnelles de la productivité et du débit de l'air. Pour le recalcul des paramètres sans dimensionnelle à dimensionnels on utilise les dépendances

$$Q_E = \bar{Q}_E \cdot Q_{E,OPT}, \quad Q_\Pi = \bar{Q}_\Pi \cdot Q_{\Pi,OPT}, \quad (25)$$

Puisque le compte d'airlift s'est accompli de la condition de son travail en régime optimal, les débits $Q_{E,OPT}$ et $Q_{\Pi,OPT}$ sont acceptés égal à la productivité d'airlift et les dépenses d'air comprimé définies après les dépendances (4) et (15).

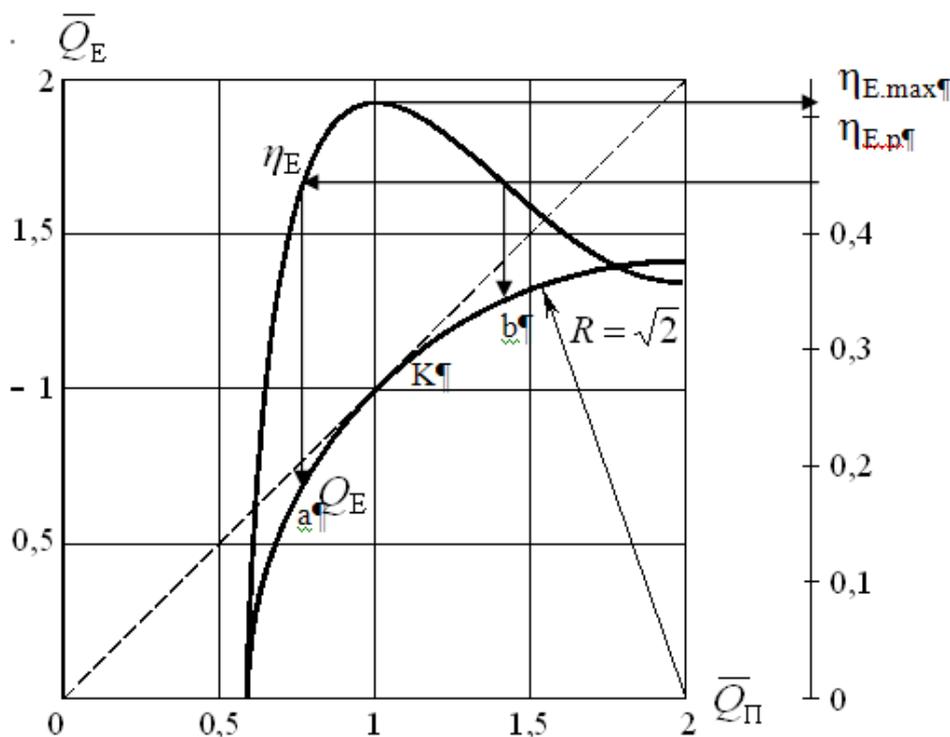


Fig. 3. L'exemple de la construction de la caractéristique d'énergie et de débit d'airlift, ab – zone d'exploitation industrielle, K – point optimale

Il faut tracer sur les échelles du débit dimensionnel les divisions pour le décompte des significations du débit d'airlift (à m³/h) et les débits de l'air comprimé (aux m³/min).

Le rendement du CDSA est égal:

$$\eta_E = \frac{\rho_e g H + S (\rho_T - \rho) g (H + h_B)}{q \cdot p_a \ln[(p_a + p_{cm}) / p_a]} \frac{Q_E}{Q_{\Pi}}. \quad (26)$$

Pour la construction de la courbe du rendement d'airlift, fig. 3, il est nécessaire de définir pour quelques significations du débit de l'air pour la caractéristique de débit la signification du débit et compter le rendement. Il est recommandé de prendre les significations suivantes du débit de l'air : $0,586 Q_{\Pi.опт}$; $0,8 Q_{\Pi.опт}$; $Q_{\Pi.опт}$; $1,25 Q_{\Pi.опт}$; $1,5 Q_{\Pi.опт}$ et $2 Q_{\Pi.опт}$

Conclusions et l'orientations pour la recherche future.

Une methode permet de calculer le CDSA, de determiner ses parametres de base optimales, choisir l'equipement demandé, obtenir les dimensions des elements structuraux d'installation d'airlift. Sur la base cette methodes ont été concepté, fabriqué et mis en oeuvre avec succes les CDSA pour extraction hydraulique du sable et du gravier du fond des eaux interieures de la Siberie occidentale en Russie.

La recherche future doivent être consacré d'amelioration des constructions d'airlift, en particulier le dispositif d'aspiration avec affouillement des sols afin de reduire la consommation d'energie du CDSA.

Source de renseignements

1. Бойко М.Г. Землесосні і ерліфтно-землесосні снаряди / М.Г.Бойко, Л.М.Козиряцький, А.П.Кононенко. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 436 с.
2. Гідромеханізація / [Бойко М.Г., Козиряцький Л.М. та ін.]. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – 554 с.
3. Энциклопедия эрлифтов / [Папаяни Ф.А., Козыряцкий Л.Н. и др.]. – Донецк, Москва: «Информсвязьиздат», 1995. – 592 с.
4. Гидроподъем полезных ископаемых / [Антонов Я.К., Козыряцкий Л.Н., Малашкина В.А. и др.]. – М.: Недра, 1995. – 173 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2012

Л.М. Козиряцький, О.Ф. Яценко, В.А. Прищенко. Донецький національний технічний університет

Визначення оптимальних параметрів ерліфта ерліфтно-земснарядного комплексу для видобутку корисних копалин із дна водоймищ

Надана методика розрахунку основних оптимальних параметрів ерліфтно - земснарядного комплексу (ЕЗК) для видобутку корисних копалин, зокрема сипучих будівельних матеріалів (піску, гравію, гальки, пісчано-гравійної суміші) із дна водоймищ. Приведена гідросхема ЕЗК, графіки розподілу тиску та швидкості по довжині підійомної труби ерліфта, безрозмірна витратна і енергетична характеристика ерліфта.

Ключові слова: ерліфт, гідросхема, подача, стисле повітря, занурення, трубопровід, концентрація, тверда фракція, гідросуміш, швидкість, тиск, характеристики, гідравлічна крупність.

L. Kozirjatsky, A. Yatsenko, V. Prischenko. Donetsk National Technical University
Defining the Optimum Parameters of an Airlift of a Suction Dredge Complex for Water Reservoir Bottom Mining.

The paper presents a method of calculating the optimum parameters of an airlift-suction dredge complex for sand, gravel, pebbles and sand-gravel mixture recovery from the bottom of water reservoirs. We provide a hydraulic circuit as well as the graphs of pressure and speed distribution along the lifting pipe.

Keywords: airlift, hydraulic circuit, flow rate, compressed air, sinking, pipeline, concentration, solids, slurry, speed, pressure.