

**LA RECHERCHE DES PARAMÈTRES DU FLUX DE FONCTIONEMENT  
D'AIRLIFT AVEC UNE STRUCTURE DE LIMACE D'ÉCOULEMENT BIPHASIQUE  
AIR-EAU**

**Kozyryatsky L., Morgounov V., Bozhko R.** (*Université technique nationale de Donetsk,  
Donetsk, DPR*)

*Tel.: +38 (062) 301-07-24; E-mail: ems@fema.dgtu.donetsk.ua*

**Abstract:** *The paper presents the solution of the mathematical model workflow airlift to slug structure of the water-air flow, built the main hydrodynamic dependence.*

**Keywords:** *airlift, lift tube, gas-liquid mixture, mathematical model, flow, air flow, the relative power, the actual speed.*

*Il est démontré, que la résolution d'un problème du régime de fonctionnement non stable d'airlift à l'aide de la modèle mathématique du flux de transport aérien à partir de la structure de limace de l'écoulement biphasique air-eau, permet de déterminer des dépendances hydrodynamiques de base.*

**Mots-clés:** *airlift, le tube de levage, mélange biphasique air-eau, modèle mathématique, alimentation, débit d'air, la puissance relative, la vitesse réelle.*

**Le problème et sa relation avec les applications scientifiques et pratiques.** La solution du modèle mathématique flux de transport aérien à partir de la structure de limace de l'écoulement biphasique air-eau en tant que l'énergie la plus efficace [1] est un problème scientifique réel qui a une application en pratique importante.

**L'analyse de la recherche et des publications.** Au cours du processus de fonctionnement d'airlift dans son tuyau de levage on peut se produire différents modèles du flux gaz-liquides: bulle, limace, émulsion, anneau, dispersé [3]. Développement moderne de la théorie de l'hydrodynamique et de l'écoulement polyphasique permet de créer des modèles analytiques de l'écoulement biphasique air-eau applique uniquement à ce type de structure, qui, à son tour, oblige à développer des modèles mathématiques individuelles du régime de fonctionnement d'airlift pour chaque pont aérien, qui se produit au tube de levage, de la structure de mélange gaz-liquide [1,2].

**Objectifs de l'étude.** Il faut prouver la possibilité de résoudre du modèle mathématique du flux de fonctionnement d'airlift avec une structure de limace d'écoulement biphasique air-eau et obtenir les caractéristiques hydrodynamiques de base d'airlift pour les données suivantes:  $D = 0,15\text{m}$ ,  $h = 3\text{m}$ ,  $H + h = 7\text{m}$ ,  $\alpha = 0,43$ , ce qui est considéré comme un moyen pour effacer des récipients d'exhaure de mine.

**La présentation de la matière et des résultats.** L'équation d'écoulement à la hausse de mouvement régulier de mélange biphasique eau-air dans le tube de levage d'airlift basé sur les équations du mouvement de la continuité et de l'élan pour un modèle à deux composants de l'écoulement gaz-liquide peut être représenté comme relation suivante [2]:

$$P_{cm} \cdot \frac{z_i}{H + h} = \frac{4}{D} \cdot \int_0^{z_i} \tau_w(z) dz + G \cdot [x \cdot w''(z) + (1 - x) \cdot w'(z)] \Big|_0^{z_i} + g \cdot \int_0^{z_i} \{\varphi(z) \cdot \rho''(z) + [1 - \varphi(z)] \cdot \rho'\} dz, \quad (1)$$

$$\text{au } P_{\Sigma i} = P_{mpi} + P_{ycki} + P_{gi}, \quad (2)$$

où  $p_{cm}$  – surpression dans le mélangeur;  $\tau_w(z)$  – contrainte de cisaillement à la paroi du tube de levage;  $x$  – débit de masse d'air au mélange eau- air;  $w'(z)$  – vitesse vraie d'air;  $\varphi(z)$  – contenu véritable de l'air au mélange eau-air;  $\rho''(z)$  – densité de l'air;  $p_{\Sigma i}$  – la chute totale de la pression dans le domaine tuyau de levage de la longueur  $z_i$ ;  $p_{mpib}$   $p_{yckib}$   $p_{gi}$  – pression sur la zone de tube de levage de la longueur  $z_i$ , respectivement due au frottement, l'accélération et la gravité.

La solution du modèle mathématique par méthode numérique par PC permet de définir l'importance quantitative suivante et les dépendances correspondants (avec la construction graphique):

- La valeur actuelle des paramètres hydrodynamiques du mélange eau-air en sections données de la conduite de levage et un débit d'air donné  $Q_\delta$ ;
- la dépendance de  $Q_\delta$  au flux d'air alimentation d'airlift  $Q_\delta$  (construction de la caractéristique de débit);
- les changements des pressions et des puissances en fonction du débit d'air  $Q_\delta$  à la hauteur du tube de levage.

La solution du modèle mathématique du flux de travail en utilisant le PC a été réalisée pour l'airlift avec des paramètres suivants:  $h + H = 7 \text{ m}$ ,  $h = 3 \text{ m}$ ,  $\alpha = 0,43$ ,  $D = 0,15 \text{ m}$ , la plage de variation du débit d'air  $Q_\delta = 0 \dots 15 \text{ m}^3/\text{min}$ , avec step  $\Delta Q_\delta = 1 \text{ m}^3/\text{min}$ . Ainsi on a supposé l'existence de la structure de limace du mélange eau-air dans la conduite de levage sur toute la plage de débit d'air.

D'après les résultats de calcul, le regime de fonctionnement optimum d'airlift est caractérisé par le débit de l'air comprimé  $Q_{\delta,opt} = 3,15 \text{ m}^3/\text{min}$  et par le débit d'airlift  $Q_{\delta,opt} = 40,1 \text{ m}^3/\text{h}$ . Au regime de fonctionnement maximale:  $Q_{\delta,max} = 6,6 \text{ m}^3/\text{min}$ . et  $Q_{\delta,max} = 59,4 \text{ m}^3/\text{h}$ . Opération de transport aérien bouillonnant est caractérisé par l'écoulement de l'air autour de  $Q_{\delta,\delta} = 1 \text{ m}^3/\text{min}$ .

La caractéristique de débit sans dimensionnelle calculée (Fig. 1) est représenté dans une dans la plage de débit relatif de l'air  $Q_\delta = 0 \dots 1,48$  et rapport air  $Q_\delta = 0 \dots 2,09$ . Lors de la construction d'une caractéristique de débit sans dimensionnelle d'airlift comme base ont été adoptées valeur de débit d'air et de débit d'airlift au fonctionnement optimum  $Q_{\delta,opt} = 40,1 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{\delta,opt} = 3,15 \text{ m}^3/\text{min}$ .

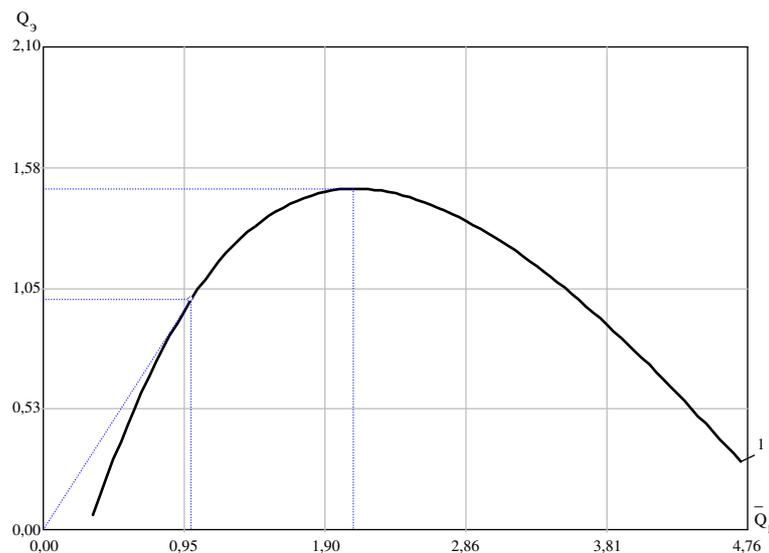


Figure 1. La caractéristique sans dimensionnelle de débit d'airlift

La chute de pression dans le tuyau de levage (excès de pression dans le mélangeur) est  $P_{\Sigma} = P_{cM} = 0,03 \text{ MPa}$ , la valeur de ce qui a été adopté en tant que base de la trace des changements dans la puissance relative d'airlift (fig. 2 et 3).

La puissance fournie au tube de levage est  $N_{\text{под}} = 1679 \text{ kW}$  et de façon optimale  $N_{\text{под}} = 3,317 \text{ kW}$  – le maximum.

Puissance résumant est déterminé par dépendance

$$N_{\text{под}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{уск}} + N_{\text{г}} + N_{\text{ск}}; \quad (3)$$

$$\text{au } N_{\text{под}} = N' + N'', \quad (4)$$

où  $N_{\text{тр}}$  – puissance qui est provoquée par le frottement,  $N_{\text{уск}}$  – puissance qui est due à axeleration,  $N_{\text{г}}$  – puissance qui est causée par la gravité,  $N_{\text{ск}}$  – puissance qui est provoquée par une interface de glissement,  $N''$  – la puissance de l'écoulement d'air,  $N'$  – puissance du flux de fluide.

Les composants de la puissance fournie  $N_{\text{под}}$  présentés dans le tableau 1 et dans la figure 2.

Tableau 1 – Composants de la puissance fournie au tube de levage

Le flux d'énergie	De façon optimale ( $\bullet N_{\text{под}}$ )	En mode maximal ( $\bullet N_{\text{под}}$ )
$N''$	0,8	0,85
$N'$	0,2	0,15
$N_{\text{г}}$	0,46	0,34
$N_{\text{мп}}$	0,036	0,108
$N_{\text{уск}}$	0,002	0,004
$N_{\text{ск}}$	0,502	0,548

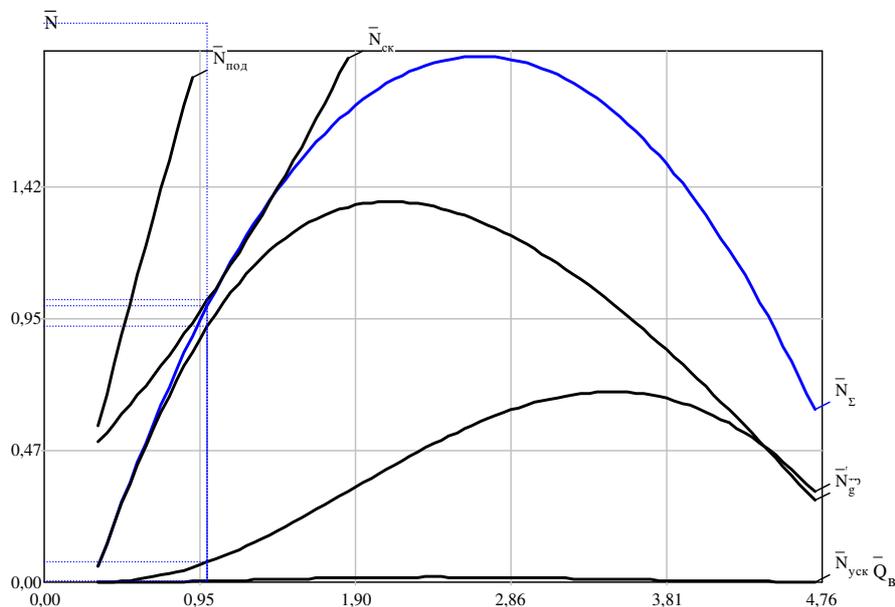


Figure 2. Évolution de la puissance relative d'airlift (au fonctionnement optimum)

Le rendement (efficacité) de l'installation d'airlift, en utilisant la classification de la puissance acceptée peut être déterminée par l'expression [1].

$$\eta = \frac{N_g - N'}{N''}. \quad (5)$$

Sur la base de cette expression, on construit un graphe de l'efficacité du transport aérien du flux d'air (Fig. 5). D'après le graphique montre que l'efficacité maximale est de 0,33. À la valeur de l'efficacité alimentaire maximale égale à 0,23.

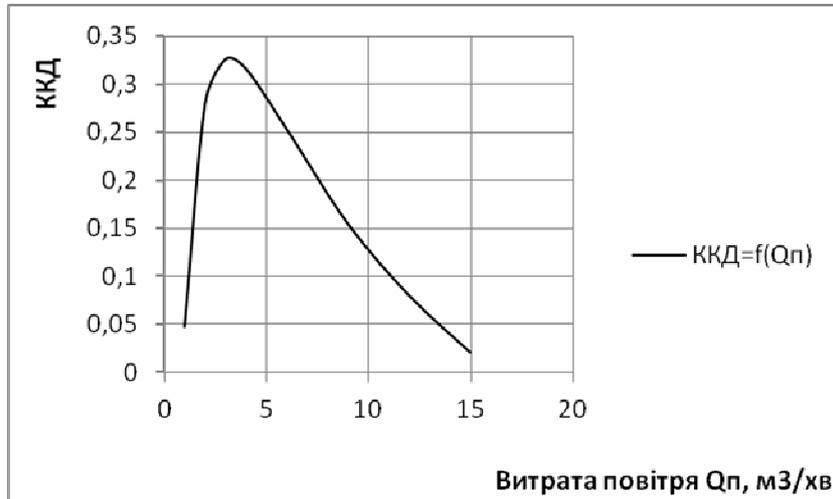


Figure 3. Évolution du rendement (efficacité) d'airlift du flux d'air

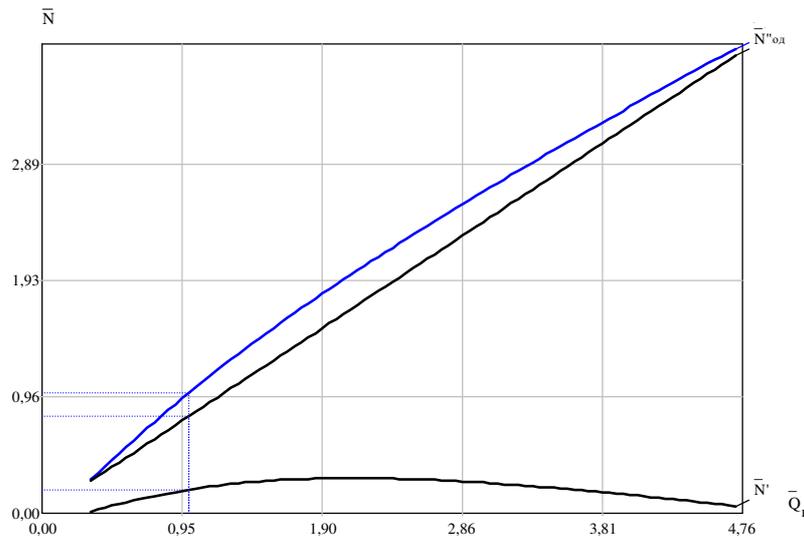


Figure 4. Variation la puissance fournie relative d'airlift (au fonctionnement optimum)

Les dépendances sont construits à l'intersection d'origine du tube d'entrée d'airlift  $z = 7\text{m}$ .

Graphiques (pour l'airlift considéré) modifie de la vitesse réelle de l'air  $\omega''(z)$  et de l'eau  $\omega(z)$  (Fig. 6) sur la hauteur du tuyau de levage d'écoulement de l'air comprimé  $Q_B$ . Comme on le voit à partir de la vitesse de l'air valable de dépendance et eau varier la hauteur du tube de levage 2,57 m / sec., et 0,79 m / sec., jusqu'à 8,32m / sec. et 2,89m / s, respectivement, en changeant le débit d'air  $Q_B$  de 2 m<sup>3</sup>/min à 6 m<sup>3</sup>/min.

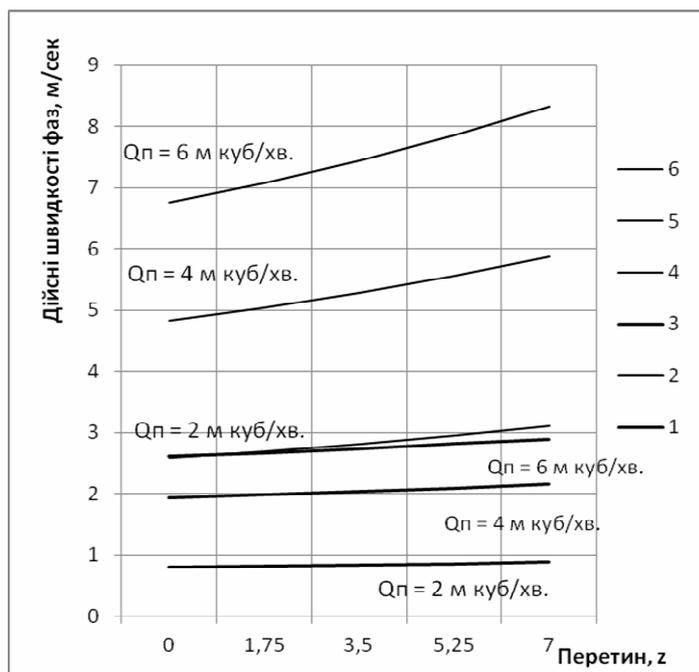


Figure 5. Modification de la vitesse réelle de l'eau  $\omega''(z)$  (1, 2, 3) et de l'air  $\omega'(z)$  (4, 5, 6) en la hauteur du tube de levage sur le débit d'air comprimé pour airlift avec  $Q_b$  avec  $D = 0,15m$ ,  $h = 3m$ ,  $H + h = 7m$ ,  $\alpha = 0,43$

**Conclusions et orientations pour la recherche future.** Il est développé sur la base des équations du mouvement et de la continuité de l'élan mélange de l'eau-air une modèle mathématique du fonctionnement d'airlift de flux de transport avec une structure d'écoulement biphasique air-eau. Elle peut décrire de manière adéquate les phénomènes hydrodynamiques dans la colonne montante considéré d'airlift, qui prévoit la possibilité d'augmenter son efficacité énergétique.

**Conclusions and directions for future research.** Developed based on the equations of motion and continuity of momentum water-mixture mathematical model workflow airlift (the assumption being shell structure of water-flow) can adequately describe the hydrodynamic phenomena in lifting tube airlift, hence the possibility of improving its energy efficiency.

As a result of solving mathematical models airlift short length of pipe conveying  $H+h = 7m$ , geometric immersion mixer  $h=3m$ , relative immersion  $\alpha=0,43$ , conveying pipe diameter  $D=0,15m$  received the following parameters optimal work airlift: flow compressed air  $Q_{p\ opt}=3,15m^3/min.$ , wholesale supply airlift  $Q_{a\ opt}=40.1\ m^3/hr.$ , and  $Q_{p\ max}=6.6\ m^3/min.$  and  $Q_{a\ max}=59.4\ m^3/h$  – at maximum flow. Efficiency  $\eta_{max}=0,33$ . Constructed basic hydrodynamic characteristics, depending on the actual air velocity  $\omega''=f(z)$  and water  $\omega'=f(z)$  lift height  $z$  tubes with variable air flow  $Q_p$ .

**Le liste de sources:** 1. Папаяни Ф.А., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Кононенко А.П. Энциклопедия эрлифтов. – М.: Информсвязьиздат, 1995. – 592 с. 2. Кононенко А.П. Моделирование рабочего процессу ерліфта. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. 3. Кононенко А.П. Модель рабочего процесса эрлифта со снарядной структурой водовоздушного потока // Промислова гідравліка і пневматика. – 2006. – №1 (11).