

УДК 631.3:621

## АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМО-МЕХАНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДОБУВАННЯ САПРОПЕЛЮ

**І. Є. ЦИЗЬ** к.т.н., доц., **В. Ф. ДІДУХ** д.т.н., проф.,  
**С. М. ХОМИЧ** к.т.н., доц.

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*  
*E-mail: igor-71@ukr.net, didukh\_v@ukr.net, smhh@ukr.net*

Аналіз роботи та конструкцій засобів для добування сапропелю і підводних корисних копалин дозволив запропонувати схему ерліфтного засобу для добування озерних відкладів із пневмо-механічним забірним пристроєм [1]. Особливістю цього забірної пристрою є формування двофазної суміші (сапропель та повітря) за допомогою додаткового механічного розпушувача.

Аналіз режимів руху та проведені експериментальні дослідження процесу роботи засобу для добування сапропелю показали, що явища які мають місце під час взаємодії повітря з сапропелем відповідають бульбашковій та пробковій структурі руху висхідного двокомпонентного середовища [2]. Зокрема у процесі розпушення покладів у забірному пристрої (змішувачі) має місце бульбашковий режим, а під час транспортування у трубопроводі – пробковий. Чіткий перехід бульбашкового режиму руху у пробковий забезпечується у зоні переходу поверхні конуса корпусу змішувача у циліндр транспортуючого трубопроводу. Дослідженнями [3] встановлено, що за снарядного (пробкового) режиму руху повітряно-рідинного висхідного потоку у ерліфті затрати потужності на його роботу найменші. Тому під час моделювання роботи пневмо-механічного засобу для добування сапропелю розглянуто саме процеси його роботи із раніше вказаними режимами руху повітряно-сапропелевого потоку.

Для оцінки переходу від бульбашкового режиму руху у забірному пристрої до снарядного використовували об'ємний газовміст, та вважали межею значення  $\varphi_n = 0,2 \dots 0,3$  [3].

З метою встановлення закономірності зміни об'ємного газовмісту за висотою забірної пристрою (змішувача) розглянуто деяке довільне січення повітряно-сапропелевої суміші висотою  $\Delta h \rightarrow 0$  розташоване на віддалі  $y_i$  від осі вихідних отворів робочих форсунок кільцевого напірного трубопроводу (рис. 1).

Зважаючи на те, що висота виділеного перерізу  $\Delta h \rightarrow 0$  то об'ємний газовміст для даної координати  $y_i$  складе

$$\varphi(y_i) = \frac{S_{нов.}(y_i)}{S_{\Sigma}(y_i)}, \quad (1)$$

де  $S_{нов.}(y_i)$  – площа яку займає повітря у розглядуваному перерізі, м<sup>2</sup>;  $S_{\Sigma}(y_i)$  – площа розглядуваного перерізу, м<sup>2</sup>.

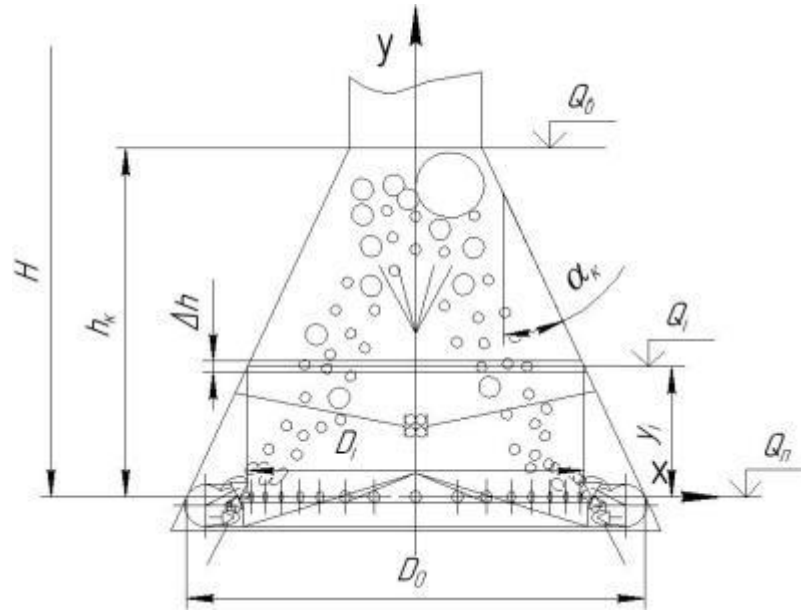


Рис. 1 - Схема до аналізу розподілу об'ємного газомісту за висотою змішувача  
Площа перерізу складає

$$S_{\Sigma}(y_i) = \pi \cdot (D_0/2 - y_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_k)^2, \quad (2)$$

де  $D_0$  – діаметр конічного корпусу на рівні осей вихідних отворів робочих форсунок кільцевого напірного трубопроводу, м;  $\alpha_k$  – кут відхилення від вертикалі твірної конічного корпусу, град.

Площу  $S_{нов.}(y_i)$ , яку у розглядуваному перерізі займає повітря визначено із умови нерозривності повітряного потоку у змішувачі (забірному пристрої)

$$Q_{nm} = Q_{вн} = Q_{им}, \quad (3)$$

де  $Q_{nm}$  – подача повітря у забірний пристрій, кг;  $Q_{вн}$  – витрата повітря через вихідний отвір конічного корпусу змішувача (забірного пристрою), кг;  $Q_{им}$  – витрата повітря через виділений переріз, кг,

Рахуючи, що швидкість повітря є однаковою за усім перерізом вихідного круглого отвору форсунки на основі відомої формули [4] для масової витрати через один отвір та врахування їх кількість отримаємо

$$Q_{nm} = \frac{\pi(n_p \cdot d_p^2 + n_m \cdot d_m^2)}{4} \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} \frac{P_n^2}{RT_n}}, \quad (4)$$

де  $d_p$  та  $d_m$  – діаметр вихідного отвору відповідно робочих та транспортуючих форсунок, м;  $n_p$  та  $n_m$  – кількість робочих та транспортуючих форсунок, м;  $k$  – показник адиабати,  $k=1,4$ ;  $P_n$  – тиск повітря у напірному повітропроводі, Па;  $R$  – універсальна газова стала  $R=8,31$  Дж/моль·К;  $T_n$  – абсолютна температура повітря у напірному повітропроводі, К.

Скориставшись формулами Менделєєва-Клапейрона та Бернуллі встановимо об'єм який буде займати визначена залежністю (4) маса повітря у досліджуваному перерізі

$$Q_{nV}(y_i) = \frac{\pi \cdot (n_p \cdot d_p^2 + n_m \cdot d_m^2) \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} \cdot R \cdot T_n \cdot P_n^2}}{4 \cdot \mu \cdot \left( P_{амм} + g \cdot (\bar{\rho}_c \cdot (h_c - y_i) + \rho_e \cdot h_e) + \rho_c \cdot \frac{v_i^2}{2} \right)}. \quad (5)$$

де  $P_{амм}$  – атмосферний тиск, Па;  $\bar{\rho}_c$  – усереднена за глибиною  $h_c$  густина сапропелю, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_e$  – густина води; кг/м<sup>3</sup>;  $h_c$  та  $h_e$  відповідно товщина шару сапропелю та води під час добування, м;  $v_i^2 = x_i^2 + y_i^2 = v_{iox}^2 + v_{ioy}^2$  – квадрат швидкості руху бульбашки у розглядуваному перерізі, м/с.

Оскільки об'ємна витрата повітря через  $i$ -тий переріз становить

$$Q_{nV}(y_i) = S_{нов.}(y_i) \cdot v_{ioy}, \quad (6)$$

то

$$S_{нов.}(y_i) = \frac{\pi \cdot (n_p \cdot d_p^2 + n_m \cdot d_m^2) \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} \cdot R \cdot T_n \cdot P_n^2}}{4 \cdot \mu \cdot v_{ioy} \cdot \left( P_{амм} + g \cdot (\bar{\rho}_c \cdot (h_c - y_i) + \rho_e \cdot h_e) + \rho_c \cdot \frac{v_i^2}{2} \right)}. \quad (7)$$

Остаточно отримаємо

$$\varphi(y) = \frac{(n_p \cdot d_p^2 + n_m \cdot d_m^2) \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} \cdot R \cdot T_n \cdot P_n^2}}{4 \cdot \mu \cdot v_{oy}(y) \cdot \left( P_{амм} + g \cdot (\bar{\rho}_c \cdot (h_c - y) + \rho_e \cdot h_e) + \rho_c \cdot \frac{v(y)^2}{2} \right)} \times \frac{1}{\left( D_0/2 - y \cdot tg\alpha_k \right)^2}. \quad (8)$$

Залежність (8) дозволяє дослідити вплив конструктивних технологічних параметрів забірної пристрою (змішувача) та характеристик родовища сапропелю на об'ємний газовміст суміші. Але для розрахунку конкретних значень об'ємного газовмісту потрібно знати закономірність зміни швидкості потоку бульбашок у сапропелі  $v(y)$  та вертикальної її складової  $v_{oy}(y)$ .

### Список використаних джерел

1. Пат. 124535 України, МПК E02F 3/08. Забірний пристрій / Хомич С.М., Цизь І.Є., Павлік В.А., Крочук М.О. - № у 2017 11384; Заявл. 20.11.2017; Опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7 - 4 с.

2. Tsiz' I. Experimental research of working process of pneumatic intake device for sapropel extraction / Tsiz' I., Homich S. // INMATEH – Agricultural Engineering. – Vol. 40, No. 2/2013. p. 67-72.

3. Кононенко А.П., Гусак А.Г. Экспериментальное подтверждение влияния вида структуры водовоздушного потока на энергоёмкость эрлифта. // Вісник Сумського державного університету. Серія – Технічні науки. – Суми:СДУ. – 2009. - №1. – С. 34-42.

4. Barber A. Pneumatic handbook. Elsevier Science & Technology Books, 1997, 649 p.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
118-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)***

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

***20-21 лютого 2025 року  
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF  
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE  
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



## ***PROCEEDINGS***

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated  
to the 118th anniversary of the birth of  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Vice President of the UAAS  
KRAMAROV  
Volodymyr Savovych  
(1906-1987)*

**«KRAMAROV'S READINGS»**

*February 20-21, 2025  
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;  
**Тонха О. Л.** – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Ружило З. В.** – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Мельник В. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;

### **Члени організаційного комітету:**

- Автухов А. К.** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;  
**Адамчук В. В.** – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;  
**Альмейда А.** – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);  
**Аулін В. В.** – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;  
**Арак М.** – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);  
**Банний О. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;  
**Бєлоєв Х.** – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);  
**Борак К. В.** – заступник директора ЖАТФК;  
**Братішко В. В.** – декан МТФ НУБіП України;  
**Будяй О. В.** – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;  
**Булгаков В. М.** – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;  
**Василенко М. О.** – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;  
**Васильковський О. М.** – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;  
**Войтюк Д. Г.** – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;  
**Герук С. М.** – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;  
**Джеонг Ілля** – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);  
**Домейка Р.** – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);  
**Захарчук О. В.** – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;  
**Іванишин В. В.** – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;  
**Ковалишин С. Й.** – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;  
**Коренко М.** – професор Інституту проектування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

**Тін Ю Чен** - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

**Фіндура П.** – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

**Шарибура А. О.** – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

**Яковенко І. А.** – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.