УДК 631.331

С.М. Хомич
Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПНЕВМАТИЧНОГО (ЕРЛІФТНОГО) ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОБУВАННЯ САПРОПЕЛІВ

Обґрунтовано максимальну теоретичну продуктивність пневматичного пристрою для добування сапропелів.

In the article grounded burst theoretical performance of pneumatic device for getting of sapropels.

Вступ

Для добування озерних сапропелів з підводних родовищ, які використовують у якості сировини для органічних добрив, розроблено широку гамму технічних рішень. Але одним із найбільш перспективних напрямів слід вважати використання енергії стиснутого повітря для добування донних відкладів [1]. Такий пристрій дозволяє добувати поклади природної вологості та забезпечує високі енергетичні та екологічні показники роботи. Проте, теоретичні дослідження роботи пневматичних (ерліфтних) пристроїв для добування сапропелю перебувають на початковій стадії.

Аналіз останніх досліджень

Проведені лабораторні випробовування пневматичного пристрою [2] підтвердили його ефективність, дозволили обґрунтувати ряд конструктивних та технологічних параметрів, а також отримати математичну модель у вигляді рівняння регресії, де функцією відгуку є продуктивність.

Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень ерліфтних установок дозволив розробити фізичну модель пневматичного (ерліфтного) пристрою для добування сапропелю [3], яка дозволяє розкрити фізичну суть процесів, що мають місце у даному пристрої.

Але у відомих дослідженнях відсутні теоретичні обґрунтування продуктивності пневматичного (ерліфтного) пристрою для добування сапропелю та впливу на цей параметр енергетичних факторів.

Мета роботи

На основі вищезгадуваних досліджень теоретично обґрунтувати максимальний об'єм сапропелів V_c, який може підняти з глибини H бульбашка повітря, об'єм якої за атмосферного тиску $p_{атм}$ дорівнює V_0.

Результати досліджень

Для визначення максимальної теоретично можливої продуктивності пневматичного пристрою для добування сапропелів обчислимо максимальну роботу, яку виконує виштовхувальна (Архімедова) сила при підйомі бульбашки повітря масою m (рисунок 1).

Відповідно до формули Менделеєва–Клапейрона

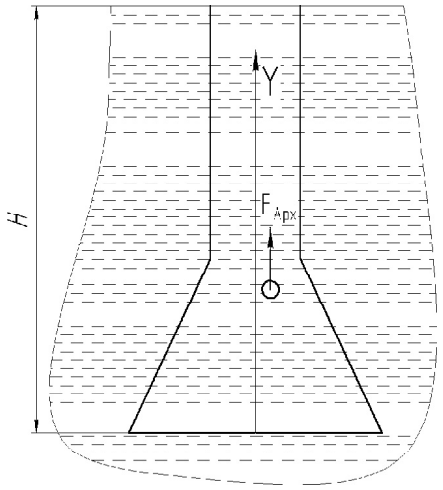

Рисунок 1 — Розрахункова схема.

$$pV = \frac{m}{\mu}RT, \qquad (1)$$

де p – тиск газу; V – його об'єм; m – маса газу; μ - молярна маса; R – універсальна газова стала; T – абсолютна температура (тобто $t^0C + 273$).

Якщо бульбашка підіймається з глибини H, то тиск газу на відстані y від вхідного отвору забірного пристрою становитиме:

$$p = p_{атм} + \rho g \cdot (H - y), \qquad (2)$$

де $p_{атм}$ — атмосферний тиск; ρ — густина сапропелів; g — прискорення вільного падіння.

Вагою бульбашки, внаслідок малої густини газу, нехтуємо. Тоді на неї діятиме лише виштовхувальна сила Архімеда

$$F_{Apx} = \rho V g . \qquad (3)$$

Підставимо (2) в (1) та виразимо з отриманої залежності V:

$$V = \frac{m}{\mu}RT\frac{1}{p_{атм} + \rho g \cdot (H - y)} . \qquad (4)$$

Підставляючи (4) в (3) отримаємо значення сили Архімеда, що діє на бульбашку

$$F_{Apx} = \frac{mRT\rho g}{\mu\left(p_{атм} + \rho g \cdot (H - y)\right)}. \quad (5)$$

Виразимо з (1) масу бульбашки через її об'єм V_0 при атмосферному тискові

$$m = \frac{\mu \cdot p_{атм} \cdot V_0}{RT}. \quad (6)$$

Підставимо (6) в (5):

$$F_{Apx} = \frac{p_{атм} \cdot \rho g V_0}{p_{атм} + \rho g \cdot (H - y)}. \quad (7)$$

Відповідно до (7) робота сили Архімеда під час підйому бульбашки з глибини H на поверхню дорівнює

$$A_{Apx} = \int_0^H F_{Apx} dy = \int_0^H \frac{p_{атм} \cdot \rho g V_0}{p_{атм} + \rho g \cdot (H - y)} dy = \quad (8)$$

$$= p_{атм} \cdot V_0 \cdot ln \frac{p_{атм} + \rho g H}{p_{атм}} = p_{атм} \cdot V_0 \cdot ln \left| 1 + \frac{\rho g H}{p_{атм}} \right|.$$

Мінімальна робота, яку потрібно виконати для підйому з глибини H твердого чи рідкого (нестисливого) вантажу об'ємом V_c і густиною ρ_c, дорівнює

$$A = \rho_c \cdot V_c \cdot gH - \rho \cdot V_c \cdot gH = (\rho_c - \rho) \cdot V_c \cdot gH. \quad (9)$$

Прирівнюючи (8) та (9), отримуємо

$$V_c = \frac{p_{атм} \cdot V_0}{(\rho_c - \rho) \cdot gH} \cdot ln \left| 1 + \frac{\rho g H}{p_{атм}} \right|. \quad (10)$$

Залежність (10) виражає максимально можливий об'єм сапропелів V_c, який може підняти з глибини H бульбашка повітря, об'єм якої за атмосферного тиску $p_{атм}$ дорівнює V_0.

На практиці діють сили опору і відбувається зворотний хід вантажу, тому рівність (10) слід записати у вигляді нерівності

$$V_c < \frac{p_{атм} \cdot V_0}{(\rho_c - \rho) \cdot gH} \cdot ln \left| 1 + \frac{\rho g H}{p_{атм}} \right|. \quad (11)$$

Висновки

Отримана нерівність дозволяє встановити максимальну продуктивність пневматичного (ерліфтного) забірного пристрою для добування сапропелю за будь-яких умов та режимів роботи. Більш точніші теоретичні методики потребують урахування ширшого кола факторів, які впливають на розглядуваний процес.

Література

1. Пат. 51535 України, МПК E02F3/08. Забірний пристрій / Цизь І.Є., Хомич С.М. — № u200913475; Заявл. 24.12.2009; Опубл. 26.07.2010. Бюл. №14. — 3 с.

2. Хомич, С.М., Цизь, І.Є. Дослідження продуктивності пневматичного забірного пристрою для добування сапропелю // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей.— Вип. 20. — Луцьк: ЛНТУ, 2010. — С. 355—361.

3. Хомич, С.М., Цизь, І.Є., Артинюк, С.Б. Фізична модель пневматичного пристрою (ерліфта) для добування сапропелю // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей. Вип. 21. — Том. II — Луцьк: ЛНТУ, 2011.— С. 166—172.

Надійшла 15.08.2012 року