

УДК 624.132.345

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ
ЕРЛІФТНОЇ УСТАНОВКИ З ШНЕКОВИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ
ДЛЯ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ**

В.М. Чередник
старший викладач
кафедри «Суднові енергетичні установки, допоміжні механізми суден
та їх експлуатація»

Державний університет інфраструктури та технологій

***Анотація.** Проаналізовано характеристики ерліфтної установки. Виявлено переваги та недоліки насосів такого типу. Детально розглянута ерліфтна установка з шнековим інтенсифікатором. Експериментально визначено продуктивність цієї установки.*

***Ключові слова:** днопоглиблення, продуктивність, ерліфтна установка, шнековий інтенсифікатор.*

УДК 624.132.345

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ЭРЛИФТНОЙ УСТАНОВКИ СО ШНЕКОВЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ
ДЛЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

В.Н. Чередник
старший преподаватель
кафедры «Судовые энергетические установки, вспомогательные механизмы
и их эксплуатация»

Государственный университет инфраструктуры и технологий

***Аннотация.** Проанализированы характеристики эрлифтной установки. Выявлены преимущества и недостатки насосов такого типа. Подробно рассмотрена эрлифтная установка со шнековым интенсификатором. Экспериментально определена производительность этой установки.*

***Ключевые слова:** дноуглубление, производительность, эрлифтная установка, шнековый интенсификатор.*

UDC 624.132.345

EXPERIMENTAL PRODUCTIVITY ANALYSIS AIRLIFT PLANT WITH
SCREW INTENSIFIER FOR DOMESTIC WORKS

V.M. Cherednyk

Senior Lecturer

the department «Ship power plants, auxiliary mechanisms
and their operation»

State University of Infrastructure and Technology

Abstract. *The characteristics of the airlift plant are analyzed. The advantages and disadvantages of pumps of this type are revealed. The airlift plant with auger intensifier is considered in detail. Experimentally determined the performance of this plant.*

Keywords: *dredging, productivity, airlift plant, screw intensifier.*

Вступ. Поглиблення дна водойм (каналів, акваторій, русел річок, озер і ставків) є важливим різновидом складних земляних робіт, які проводяться під водою безпосередньо на дні водойми [1].

Днопоглиблювальні роботи проводять з метою:

- створення або поглиблення вже існуючих судноплавних водних шляхів;
- будівництво мостів, причалів та інших гідротехнічних споруд;
- прокладання різних трубопровідних магістралей під водою;
- розширення або збільшення глибини водойми.

Дані роботи, в основному, виконують за допомогою земснарядів або землечерпалки. У свою чергу, для перевезення відпрацьованого в процесі ґрунту використовують пульпопроводи чи ґрунтовідвідні шаланди. Перспективним є використання ерліфтних комплексів.

Між економічними показниками та кількістю транспортованого ґрунту існує пряма залежність, яка визначає ступінь ефективності роботи ерліфту. Одним із основних напрямів розвитку ерліфтних установок є створення нових конструкцій машин, вибору раціональних схемних рішень і компонувань з застосуванням енергозберігаючих технологій.

Об'єкт дослідження – процес підйому твердих матеріалів з дна водоймищ ерліфтною установкою.

Предмет дослідження – робочі параметри шнекового інтенсифікатора ерліфтної установки та їх вплив на продуктивність процесу підйому твердих матеріалів.

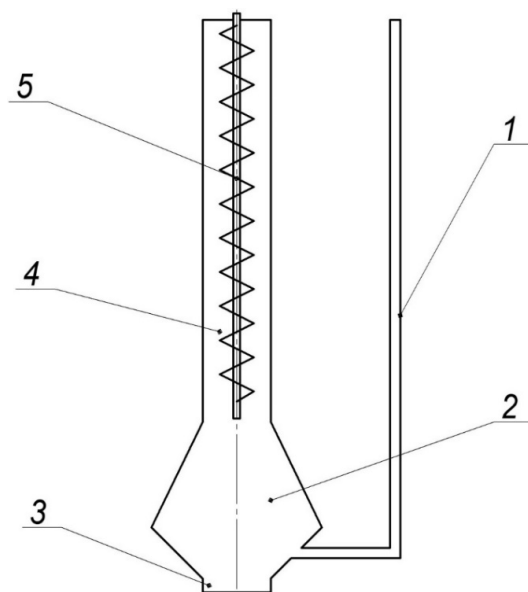
Постановка проблеми. Ерліфтні установки знайшли широке застосування в багатьох галузях промисловості: поглибленні судноплавних каналів, видобутку з дна морів і водойм будівельних

матеріалів та корисних копалин, шахтному водовідливі, металургії, та ін. Актуальність ерліфтних установок зумовлена рядом суттєвих переваг: значним терміном служби, високою надійністю, простотою конструктивного виконання та ін. Але недоліком такого насосу є порівняно низький ККД при роботі на малих глибинах. Тому в даній роботі запропоновано використовувати ерліфт з шнековий інтенсифікатором.

Мета роботи. Розробка нової конструкції ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором з метою збільшення продуктивності та ККД ерліфтної установки на невеликих глибинах при виконанні днопоглиблювальних робіт в акваторіях та побудова експериментальних витратних характеристик.

Викладення основного матеріалу. На сьогоднішній день відомі різноманітні конструкції ерліфтів для транспортування рідини. Їх недоліком є те, що зі збільшенням густини суміші або додаванням твердих включень, збільшуються сили опору підйому (сили тертя), що в свою чергу призводить до зменшення продуктивності ерліфтів. Мета запропонованої нової конструкції ерліфту полягає в тому, щоб у створеному ерліфті сили тертя не перешкоджали руху трикомпонентної (повітря – вода – тверді частинки) суміші вгору, а допомагали її підйому.

На рисунку 1 схематично показано ерліфтний підйомник з шнековим інтенсифікатором [2].



*Рис. 1. Схема ерліфту з шнековим інтенсифікатором:
1 – повітряна труба; 2 – змішувач; 3 – всмоктувальний патрубок;
4 – підйомна труба; 5 – шнек*

Ерліфт складається з підйомної труби 4 круглого перерізу, до якої знизу приєднано змішувач 2. Всмоктуючий патрубок 3 розташований в нижній частині змішувача 2. Повітря до змішувача 2 подається через повітряну трубу 1. Шнек 5 встановлено в підйомну трубу 4 та може обертатися навколо своєї осі за допомогою двигуна. Діаметр шнеку значно менший за внутрішній діаметр підйомної труби.

Наявність у такому ерліфті суттєвих конструктивних відмінностей забезпечує покращене змішування трикомпонентної суміші по всій висоті підйомної труби, що призводить до повнішої віддачі енергії від повітря до твердого компоненту, а це в свою чергу збільшує коефіцієнт корисної дії та підвищує продуктивність установки. Ерліфтний підйомник працює наступним чином.

Стисле повітря по повітряній трубі 1 поступає до змішувача 2, де змішується з рідиною. У всмоктуючому патрубці виникає розрідження, що в свою чергу призводить до засмоктування твердих частинок. У змішувачі утворюється трикомпонентна суміш, що рухається по підйомній трубі 4. Шнек 5 обертається і постійно збурює суміш у підйомній трубі, не дозволяючи проковзувати твердим часточкам, а це в свою чергу збільшує віддачу енергії від повітря до твердого матеріалу і забезпечує збільшення коефіцієнту корисної дії.

Таким чином, застосування цієї конструкції ерліфту забезпечить підвищення ефективності розробки підводних ґрунтів.

Для дослідження ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором в лабораторії кафедри автомобільного транспорту та соціальної безпеки Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна» була створена експериментальна установка, що дає змогу проводити дослідження впливу частоти обертів шнеку та кількості повітря, що подається, на продуктивність ерліфта. Принципова схема експериментального стенду представлена на рис. 2.

Метою проведення випробувань було отримання нової інформації про витратну характеристику традиційно працюючого ерліфту (без шнеку в підйомній трубі) та ерліфту з шнековим інтенсифікатором.

Експеримент проведено спочатку без шнеку, а потім з ним. Частота обертання шнеку $n_{ш} = 50-200$ об/хв (з кроком 50 об/хв); подача повітря компресором $Q_k = 0,2-0,7$ м³/хв (з кроком 0,1 м³/хв). На рис. 3 наведено витратну характеристику традиційно працюючого ерліфту за результатами проведених досліджень.

Рівняння регресії експериментальної витратної характеристики отримано за допомогою ПЕОМ методом найменших квадратів [3] із середньою похибкою 0,68 %

$$Q_e = -158,33Q_{\Pi}^4 + 361,67Q_{\Pi}^3 - 312,92Q_{\Pi}^2 + 130,7Q_{\Pi} - 14,777,$$

де Q_{Π} – подача повітря компресором, м³/хв.;

Q_e – продуктивність ерліфту, м³/год.

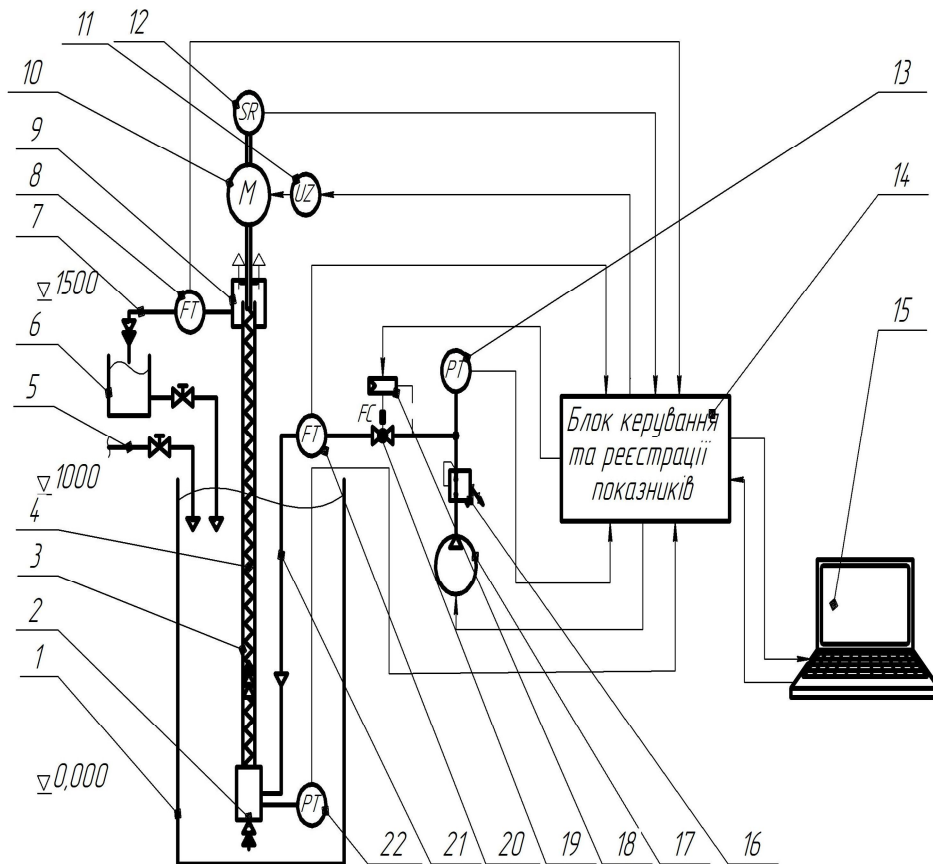


Рис. 2. Експериментальна установка для дослідження робочих процесів звичайного ерліфту та ерліфту з шнековим інтенсифікатором:

- 1 – основний бак; 2 – змішувач; 3 – підйомна труба;
- 4 – шнек; 5 – живлячий патрубок; 6 – контрольна ємність;
- 7 – зливний патрубок; 8 – витратомір гідросуміші;
- 9 – повітровідокремлювач; 10 – електродвигун;
- 11 – частотний перетворювач; 12 – декодер; 13 – датчик тиску повітря;
- 14 – блок керування та реєстрації показників; 15 – комп'ютер;
- 16 – реле тиску; 17 – компресор; 18 – привід запірної арматури;
- 19 – запірна арматура; 20 – витратомір повітря; 21 – повітропровід;
- 22 – датчик тиску в змішувачі

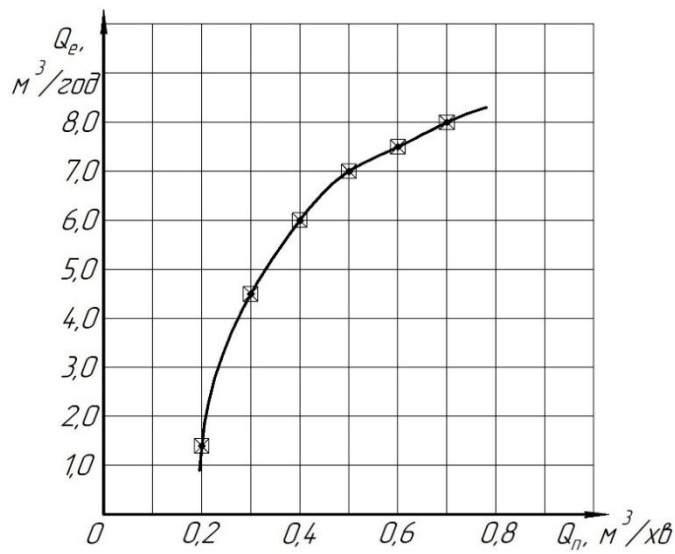


Рис. 3. Експериментальна витратна характеристика звичайного ерліфту (без шнеку)

На рис. 4 наведено витратні характеристики ерліфту з шнековим інтенсифікатором за результатами проведених досліджень.

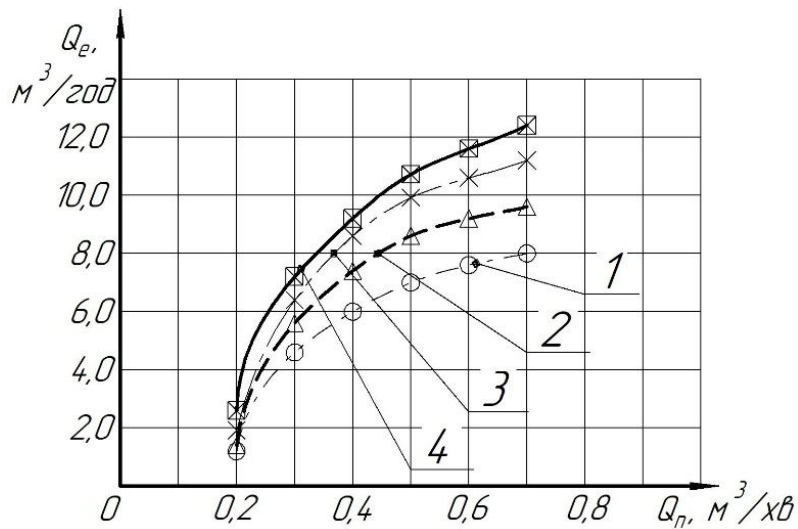


Рис. 4. Експериментальна витратна характеристика ерліфту з шнековим інтенсифікатором:
1 – при 50 об/хв шнеку; 2 – при 100 об/хв шнеку; 3 – при 150 об/хв шнеку;
4 – при 200 об/хв шнеку

Рівняння регресії експериментальних витратних характеристик ерліфту з шнековим інтенсифікатором та похибки наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівняння регресії експериментальних витратних характеристик

№ позн.	Частота обертання шнеку, об/хв.	Рівняння регресії	Середня похибка, %
1	50	$Q_e = -187,5Q_{\Pi}^4 + 431,023Q_{\Pi}^3 - 374,38Q_{\Pi}^2 + 152,23Q_{\Pi} - 17,088$	0,94
2	100	$Q_e = -150Q_{\Pi}^4 + 381,11Q_{\Pi}^3 - 360,5Q_{\Pi}^2 + 156,79Q_{\Pi} - 18,08$	0,64
3	150	$Q_e = -216,67Q_{\Pi}^4 + 512,96Q_{\Pi}^3 - 457,83Q_{\Pi}^2 + 189,61Q_{\Pi} - 21,541$	0,38
4	200	$Q_e = -220,83Q_{\Pi}^4 + 541,02Q_{\Pi}^3 - 494,04Q_{\Pi}^2 + 206,9Q_{\Pi} - 23,405$	0,50

Побудувавши зведену експериментальну витратну характеристику ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором (рис. 5), що представляє собою параболоїд, за допомогою ПЕОМ методом найменших квадратів отримано залежність

$$Q_e = 0,00002n_{\Pi}^2 - 40,429Q_{\Pi}^2 + 0,028n_{\Pi}Q_{\Pi} - 0,002n_{\Pi} + 48,457Q_{\Pi} - 6,71,$$

де Q_e – продуктивність ерліфту, м³/год;

n_{Π} – частота обертання шнеку в підйомній трубі, об/хв;

Q_{Π} – подача повітря компресором, м³/хв.

Середня похибка склала 2,55 %.

Висновки

1. Ерліфти з шнековими інтенсифікаторами більш продуктивні порівняно з традиційно працюючими ерліфтами на малих глибинах (на 49,5 % при збільшенні ККД на 5-7 %).

2. На експериментальному стенді визначені витратні характеристики традиційно працюючого ерліфту та ерліфту з шнековим інтенсифікатором.

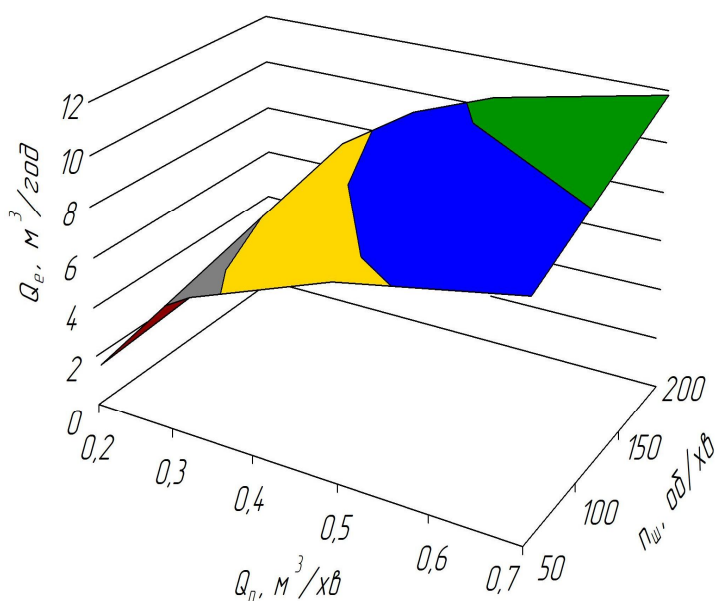


Рис. 5. Зведена експериментальна витратна характеристика ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором ($H + h = 1,5$ м; $D = 0,1$ м; $d = 0,052$ м; $\alpha = 0,33$)

3. Встановлено, що збільшення частоти обертання шнеку покращує змішування трикомпонентної суміші по всій висоті підйомної труби, що призводить до повнішої віддачі енергії від повітря до твердого компоненту, а отже збільшує коефіцієнт корисної дії та підвищує продуктивність установки.

4. Ерліфт з шнековим інтенсифікатором доцільно і ефективно використовувати на малих глибинах при днопоглибленні з огляду на збільшений коефіцієнт корисної дії та продуктивність (за рахунок зменшення проковзування бульбашок повітря) і високу надійність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Доманевский Н.А. Дноуглубление: Учебник для речных училищ и техникумов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1971. – 271 с.
2. Пат. 130913 Україна, МПК F04F 1/18 (2006.01). Ерліфт / В.М. Чередник; заявник та патентовласник В.М. Чередник. – № u201808054; Заявл. 20.07.2018; Опубл. 26.12.2018. Бюл. № 24. – С. 4.

3. Линник Ю.В. *Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений.* – Изд. 2-е, доп. и испр. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 349 с.

Стаття надійшла до редакції 25.12.2018

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент, декан факультету експлуатації технічних систем на водному транспорті Київського інституту водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій **О.А. Сьомін**

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електрообладнання і автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій **С.В. Тараненко**