

Державний університет інфраструктури та технологій
Міністерство освіти і науки України

ЧЕРЕДНИК Володимир Миколайович



УДК 629.563.424

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНОГО ФЛОТУ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЕРЛІФТНОЇ УСТАНОВКИ
З ШНЕКОВИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту
«05 – технічні науки»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій, м. Київ.

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
Сьомін Олексій Анатолійович,
Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти та науки України, декан факультету експлуатації технічних систем на водному транспорті.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Дубровський Михайло Павлович,
Одеський Національний морський університет Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація»

кандидат технічних наук,
Тарасенко Тетяна Владиславівна,
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри інженерних дисциплін

Захист дисертації відбудеться 10 грудня 2019 року о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.110.01 у Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 04071, м. Київ, вул. Кирилівська, 9, ауд. 208.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 04211, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 2.

Автореферат розісланий 8 листопада 2019 року.

Учений секретар
СВР К 26.110.01



В.В. КОЛЕСНИК

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження.

На сьогоднішній день існує велика необхідність підтримки паспортних глибин в акваторіях з глибинами до 20 метрів. Застосування для цього традиційних днопоглиблювальних спеціалізованих суден, призначених для морських, океанічних шляхів економічно не доцільно. Тому для вирішення цієї задачі використовують ерліфтні установки.

Підйом твердих матеріалів з дна водоймищ здійснювати ерліфтними установками на 20% ефективніше ніж використовувати традиційні земснаряди. Але при їх експлуатації на глибинах до 20 метрів буде недостатній коефіцієнт корисної дії.

Досі відсутнє науково обґрунтовані методи підвищення ефективності використання ерліфтних установок шнековим інтенсифікатором на глибинах до 20 метрів. Це призводить до додаткових витрат ресурсів під час проведення днопоглиблювальних робіт і, в цілому зменшує ефективність експлуатації засобів водного транспорту в акваторіях з глибинами до 20 метрів. А також на сьогодні актуальним є розв'язання важливого науково-технічного завдання – підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту за допомогою використання методу шнекової інтенсифікації ерліфтної установки при роботах у водоймищах глибиною до 20 метрів. Використання шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту дає змогу збільшити продуктивність установки та коефіцієнт корисної дії. Отже тема дисертаційної роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Тема дисертаційної роботи тісно пов'язана з положеннями «Морської доктрини України на період до 2035 року» (Постанова КМ України від 7 жовтня 2009 року, № 13074) та здійснюється відповідно до Галузевого забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2019 роки, відповідно до Програми економічних реформ у Транспортній стратегії України на період до 2030 р. (розпорядження КМУ від 30 травня 2018 року № 430-р.).

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідної роботи «Розробка комплексного показника якості пасажирських круїзних суден змішаного плавання в системі безпересадкових круїзних перевезень між портами Дніпра, Чорного моря та Дунаю» (номер держреєстрації 0116U03946), (розділ щодо покращення днопоглиблювальних робіт в акваторіях), яка виконувалась у Київському інституті водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій.

Мета та завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є розроблення методу підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту за рахунок використання ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором для роботи в акваторіях на глибинах до 20 метрів.

Для досягнення визначеної мети в роботі необхідно розв'язати наступні завдання:

- провести дослідження шляхів підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту;
- проаналізувати основні способи підвищення ефективності експлуатації ерліфтної установки для виконання днопоглиблення в акваторіях на глибинах до 20 метрів;
- розробити новий метод підвищення ефективності днопоглиблювального флоту на основі використання шнекової інтенсифікації в підйомній трубі ерліфтної установки при роботах в акваторіях на глибинах до 20 метрів;
- удосконалити математичну модель робочого процесу ерліфтної установки шляхом врахування впливу шнекового інтенсифікатора на потік гетерогенної суміші в підйомній трубі ерліфтної установки, що дозволяє спрогнозувати продуктивність й коефіцієнт корисної дії установки та виявити область доцільного використання ерліфта з шнековим інтенсифікатором;
- удосконалити метод знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки врахуванням впливу від шнекового інтенсифікатора;
- розробити аналітичні залежності та алгоритм знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором;
- розробити систему автоматичного регулювання продуктивності компресора ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором;
- підтвердити ефективність запропонованих науково-технічних рішень, шляхом проведення експериментальних досліджень та виконання економічних розрахунків.

Об'єкт дослідження – процес проведення днопоглиблювальних робіт для підвищення ефективності експлуатації засобів водного транспорту.

Предмет дослідження – методи підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту в акваторіях на глибинах до 20 метрів.

Методи дослідження. Аналіз наукових джерел дозволив обґрунтувати актуальність наукової проблеми та сформулювати завдання досліджень. Методи аналізу та синтезу гідродинамічних явищ дозволили обґрунтувати фізичні моделі роботи ерліфта з шнековим інтенсифікатором. Методи і закони механіки рідини та газу, закономірності теорії двофазного потоку і гідравліки покладені в основу математичної моделі режиму роботи та робочих процесів газорідинного підйомника з шнековим інтенсифікатором. На основі методів математичного моделювання встановлено енергетично доцільні області експлуатації та оптимальні режими роботи ерліфту з шнековим інтенсифікатором. Експериментальний метод досліджень роботи ерліфту з шнековим інтенсифікатором дав змогу підтвердити адекватність математичних залежностей робочих процесів газорідинного підйомника.

Наукова новизна отриманих у дисертації результатів.

1. Вперше розроблено метод підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту, який відрізняється від відомих, застосуванням шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту, що дозволяє більш ефективно виконувати днопоглиблювальні роботи на глибинах до 20 метрів.

2. Отримала подальший розвиток математична модель робочого процесу ерліфтної установки, яка відрізняється від відомих врахуванням впливу шнекового інтенсифікатора на підйом гідросуміші в підйомній трубі, що дозволяє спрогнозувати продуктивність та коефіцієнт корисної дії установки.

3. Удосконалено метод знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки, який відрізняється від відомих врахуванням значень експлуатаційних параметрів шнекового інтенсифікатора, що дозволяє ефективніше використовувати днопоглиблювальний флот.

Практичне значення отриманих результатів полягає у: розробленні аналітичних залежностей та алгоритму знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором; розробленні алгоритму прогнозування продуктивності ерліфту з шнековим інтенсифікатором; виявленні області доцільного використання ерліфта з шнековим інтенсифікатором.

Розроблено аналітичні залежності для визначення продуктивності та коефіцієнту корисної дії ерліфта з шнековим інтенсифікатором.

Створено ерліфтну установку з шнековим інтенсифікатором (патент України №130913), яка забезпечує зростання на 49,5% продуктивності розробки підводних ґрунтів на глибинах до 20 метрів, а коефіцієнт корисної дії збільшується на 13,7%.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи забезпечується: коректним використанням математичного апарату теорії газо-гідродинамічних процесів; врахуванням чинників, що впливають на розв'язання наукового завдання; обґрунтованим вибором припущень і обмежень, прийнятих як вихідні дані при формулюванні наукових завдань; використанням апробованих результатів, коректним вибором показників і критеріїв, а також узгодженістю результатів теоретичних та експериментальних досліджень. Основні наукові та практичні результати, що отримані в дисертаційній роботі впроваджені.

Впровадження отриманих результатів. Основні результати досліджень було впроваджено: у Київському інституті водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій (акт впровадження від 28.06.2018 року) в навчальний процес при викладанні навчальної дисципліни «Суднові допоміжні установки, системи та технологічне обладнання» у розділі «Днопоглиблювальна техніка»; у науково-дослідній роботі «Розробка комплексного показника якості пасажирських круїзних суден змішаного плавання в системі безпересадкових круїзних перевезень між портами Дніпра, Чорного моря та Дунаю» (номер держреєстрації 0116U03946) в розділі покращення днопоглиблювальних робіт в акваторіях, виконаної в Київському інституті водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій; у ТОВ «Стерлінг Пауер» (акт впровадження від 19.11.2018 року) в процес проектування модифікації малого днопоглиблювального судна проекту ВМ17.1150, яке призначене для експлуатації на невеликих глибинах для очищення дна відкритих та закритих водоймищ, фарватерів річок, каналів, загальних днопоглиблювальних

робіт, видобутку нерудних матеріалів, та особливістю якого є те, що воно легко змінює насосну установку на ерліфтну, рекомендовану автором даної дисертаційної роботи; у департаменті днопоглиблення Адміністрації морських портів України (акт впровадження від 08.04.2019 року) на землесосі у порядку експерименту була обладнана експериментальна ерліфтна установка за запропонованими рекомендаціями, яка в процесі днопоглиблення підтвердила теоретичні та технічні рішення дисертаційної роботи та довела доцільність її використання у подальшій виробничій діяльності з днопоглиблення.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним дослідженням. Наукові результати, які викладено в дисертації та виносяться на захист, одержано автором особисто. В основних наукових роботах, які написані в співавторстві, здобувачу належать: [1.1] – проведено дослідження шляхів покращення ефективності експлуатації ерліфтної установки; [1.2] – проведено аналіз відомих аналітичних підходів до визначення основних параметрів ерліфтної установки; [1.3] – запропоновано метод підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту; [1.4] – розроблено алгоритм знаходження основних конструкційних характеристик ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором; [2.1] – представлено метод підвищення ефективності днопоглиблювального флоту; [2.3] – проаналізовано особливості конструкції ерліфтного комплексу та умови використання відповідно до поставлених завдань; [2.5] – запропоновано математичну модель робочого процесу ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором; [2.7] – представлено метод знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки; [2.8] – проаналізовані методи покращення ефективності експлуатації ерліфтної установки.

Апробація результатів дисертації. У ході виконання дисертаційної роботи отримані результати проведених досліджень доповідалися на 15 міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях та семінарах, опубліковані в тезах доповідей, основними з яких є: Міжнародна науково-технічна конференція «Гідромеханіка в інженерній практиці». Київ, Кіровоград (2013 – 2015 р.); Всеукраїнська студентська наукова конференція «Молодь: освіта, наука, духовність». Київ (2007 – 2009 р.); Конференція молодих вчених, аспірантів та студентів КНУБА. Київ (2007 – 2009 р.); Науково-методичної конференції викладачів, аспірантів та студентів КДАВТ (ДУІТ). Київ (2017 – 2018 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем и элементов их конструкций». Севастополь (2010 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Енергія 2010». Сімферополь (2010 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Водний транспорт: сучасний стан та перспективи розвитку». Київ (2019 р.).

Публікації результатів дисертації. Основні наукові результати дисертації опубліковані у 6 статтях, з яких 5 статей у виданнях, що занесені до переліку наукових фахових видань України в галузі технічні науки, з яких 1 включену у міжнародні наукометричні бази *Index Copernicus* та *Scientific Indexing Services* та 1 стаття у фаховому виданні Польщі. Отримано 1 патент на корисну модель. Крім

того, за матеріалами дисертації опубліковано 15 тез доповідей на конференціях, з яких 6 міжнародні.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків; викладена на 201 сторінки друкованого тексту та містить 161 сторінки основного тексту, 73 рисунки, 6 таблиць, список використаних джерел з 186 найменувань на 18 аркушах, 5 додатків на 22 аркушах.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність досліджень, сформульовано мету та завдання дисертації, показано зв'язок роботи з науковими темами та програмами, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, виділений особистий внесок автора в опублікованих роботах зі співавторами, наведено дані про апробацію, публікації та впровадження основних результатів.

У першому розділі виконано дослідження шляхів підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту. Проаналізовано ефективність використання флоту. Встановлено, що підвищення ефективності експлуатації засобів водного транспорту можливо шляхом підвищення ефективності днопоглиблювальних робіт.

Використання ерліфта для днопоглиблення на малих глибинах натомість звичайних земснарядів обумовлено низькою металоємністю та високою надійністю, за рахунок відсутності складних частин в конструкції. Між економічними показниками та кількістю транспортованого ґрунту існує пряма залежність, яка і визначає переважаючу ефективність роботи ерліфта.

Одним із основних напрямів розвитку ерліфтних установок є створення нових конструкцій машин, вибір раціональних схемних рішень та компоновань із застосуванням енергозберігаючих технологій.

Основним показником (критерієм), що дозволяє оцінити роботу ерліфта, є його продуктивність. Продуктивність ерліфта Q_e за одиницю часу вимірюється в кубічних метрах ґрунту, що має пористість, відповідну його природного стану на дні водойми, за відповідний період часу роботи ерліфтної установки.

Ефективність роботи ерліфтних установки може визначатися різними критеріями, в залежності від розв'язуваних на даному об'єкті завдань та виставлених пріоритетів. Задача збільшення ефективності вирішувалася за такою схемою:

– виявлення поточного пріоритету (цілі) - продуктивність (Q_e); коефіцієнт корисної дії (η_e); прискорене виконання обсягу робіт (T) і т.п;

– визначення оптимального режиму роботи установки з урахуванням встановленого пріоритету та існуючих на об'єкті ґрунтових і технологічних умов

$$Q_e \rightarrow \text{MAX};$$

$$\eta_e \rightarrow \text{MAX};$$

$$T \rightarrow \text{MIN};$$

– попереднє визначення можливих обмежуючих факторів, перешкоджають досягненню оптимального режиму роботи, і по можливості їх усунення

$$\begin{aligned} 0 \leq Q_{\text{п}} \leq Q_{\text{к max}}; \\ 0 \leq n_{\text{ш}} \leq n_{\text{дв max}}, \end{aligned}$$

де $Q_{\text{п}}$ – подача повітря в підйомну трубу ерліфтної установки; $Q_{\text{к max}}$ – максимальна подача повітря компресором; $n_{\text{ш}}$ – оберти шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфтної установки; $n_{\text{дв max}}$ – максимальні оберти привідного двигуна;

– при неможливості усунення обмежуючого фактору вибір режиму роботи, максимально наближеного до оптимального, але з урахуванням діючого обмеження

$$Q_e \rightarrow \text{MAX при } \begin{cases} \eta_e \leq \eta_{\text{зад}}; \\ T \leq T_{\text{зад}}; \end{cases}$$

– досягнення обраного режиму роботи, контроль, та його постійне коригування, з урахуванням технологічних параметрів, мінливих в процесі роботи, при цьому, по можливості слід уникати роботи в критичних режимах, тому що несподівана зміна, наприклад, складу перекачуючого ґрунту може привести до порушення роботи ерліфтної установки.

Для зняття одного з найбільш поширених обмежуючих факторів – тиску в системі задано певне значення, яке отримано вже відомими методиками розрахунків інших авторів та є оптимальним.

У **другому розділі** розглянуто теоретичні передумови дослідження підвищення ефективності експлуатації ерліфтної установки. Днопоглиблювальні роботи проводять з метою: створення або поглиблення вже існуючих судноплавних водних шляхів; будівництва мостів, причалів та інших гідротехнічних споруд; прокладання різних трубопроводів під водою; розширення або збільшення глибини водойми.

За принципом дії всі днорозроблюючі машини можна розділити на два види – системи механічної та гідравлічної дії. До систем механічного принципу дії відносяться одно- і багатоковшеві драги. До систем гідравлічного принципу дії відносяться системи підйому з насосами, установленими вище рівня води, заглибними насосами, ерліфтні, ежекторні системи.

Дослідженню, розробці та проектуванню ерліфтних підйомачів присвячені роботи багатьох вчених: Андріасова Р.А., Архангельського В.А., Багдасарова В.Г., Газієва Н.Г., Гейера В.Г., Давідсона В.Є., Кириченко О.А., Клапчука О.В., Козлова Б.К., Крилова А.П., Логвінова М.Г., Мамаєва В.А., Нігматуліна Б.І., Рахматулліна Х.А., Шоу С.Ф., та інші. З іноземних вчених істотний внесок у дослідження питань, що розглядаються внесли Акагава К., Безе Х., Берінгера Г., Верслуїса С., Вонга Т., Гіо М., Гріффітса П., Даклера А., Роуз Р., Свенсона Х., Уолліса Г., Хол-Тейлора Н. та інші.

Математичні описи ерліфтів в 1920-1960 р.р. здебільшого ґрунтувалися на гомогенній фізичній моделі за аналогією з однофазною однорідною рідиною. Досить повний аналіз даних методик наведено в дисертації, де всі вони розділені на три групи.

Найбільшого поширення на сьогоднішній день набула методика професора Гейера В.Г. Правомірність розробленої методики підтверджена багаточисельними ефективно працюючими ерліфтними установками. В основу розрахунку покладено баланс потужностей потоків рідини і газу в підйомнику при прийнятій відносній швидкості фаз, рівній 0,3 м/с.

Численні теоретичні та експериментальні роботи вчених школи професора Гейера В.Г. дозволили уточнити метод розрахунку ерліфта в оптимальному режимі роботи (при максимальному енергетичному ККД).

Також відомі уточнені в останні 20-30 років методики розрахунку газорідинних підйомників, які або належать до умов нафтовидобутку з характерними особливостями, або є досить близьким аналогом методу професора Гейера В.Г., однак, їх застосування обмежене.

Після аналізу шляхів покращення ефективності експлуатації ерліфтів встановлено, що найперспективнішим є покращення процесів всмоктування та підйому пульпи. Вони дозволяють суттєво зменшити енергоємність процесу за рахунок повнішої передачі енергії від робочого тіла (повітря) до речовини, що піднімається.

У **третьому розділі** представлено модель функціонування ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором. На сьогоднішній день відомі різноманітні конструкції ерліфтів для транспортування рідини. Недоліком цих підйомників є те, що зі збільшенням густини суміші або додаванням до неї твердих включень, збільшуються сили опору підйому (сили тертя), що в свою чергу призводить до зменшення продуктивності.

Мета розроблення запропонованої моделі – створення ерліфту, в якому б сили тертя не перешкождали руху трикомпонентної (повітря – вода – тверді частинки) суміші вгору, а допомагали її підйому.

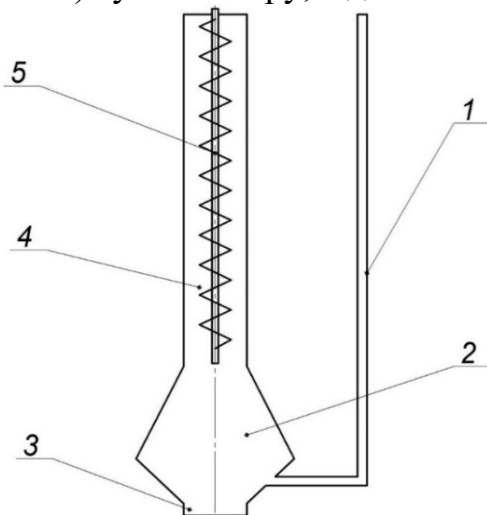


Рисунок 1 – Схематичне зображення ерліфта з шнековим інтенсифікатором: 1 – повітряна труба; 2 – змішувач; 3 – всмоктуючий патрубок; 4 – підйомна труба; 5 – шнек

На рисунку 1 схематично зображено запропонований ерліфтний підйомник.

Ерліфтна установка складається з підйомної труби 4 круглого перерізу, до якої знизу приєднаний змішувач 2. Всмоктуючий патрубок 3 знаходиться 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.

Принцип дії полягає у тому, що стиснуте повітря по повітряній трубці 1 надходить до змішувача 2, де змішується з рідиною. У всмоктуючому патрубку виникає розрідження, що, в свою чергу, й призводить до засмоктування твердих частинок.

У змішувачі утворюється трикомпонентна суміш, яка рухається по під омні трубі 4. Шнек 5, що обертається, постійно збурює суміш в підйомні трубі, не дозволяючи проковзувати твердим часточкам, а це збільшує віддачу енергії від повітря до твердого матеріалу та забезпечує підвищення коефіцієнту корисної дії.

Таким чином, застосування цієї конструкції ерліфта, забезпечує зростання ефективності розробки підводних ґрунтів.

Для адекватного опису динаміки гідросуміші застосована математична модель, яка в загальному випадку, базується на законах природи (законі збереження маси (рівняння нерозривності), основних принципах динаміки (законів про зміну кількості руху, про збереження повної енергії), рівнянні стану) та певних гіпотезах (припущеннях).

Розглянуто рух гідросуміші вздовж труби як суперпозицію одновірного висхідного потоку, зумовленого подачею компресора, та потоку в аксіальному напрямі, створеного за рахунок обертання гвинтового інтенсифікатора, тому що характер потоку гідросуміші в ерліфті за наявності в ньому шнекового інтенсифікатора є складним. Відповідно, продуктивність ерліфта з шнековим інтенсифікатором визначено рівнянням

$$Q_{\text{еш}} = Q_e + Q_{\text{ш}}, \quad (1)$$

де Q_e – продуктивність ерліфтної установки,

$Q_{\text{ш}}$ – об'ємна продуктивність шнекового інтенсифікатора.

Продуктивність ерліфтної установки знайдено з наступної залежності

$$Q_e = \frac{1}{1 + q_{\text{п}}} \sqrt{\frac{\alpha}{\psi} \left(1 + q_{\text{п}} - \frac{1}{\alpha}\right) \cdot g \cdot D_e^5}, \quad (2)$$

де $q_{\text{п}}$ – питома витрата повітря; α – відносне занурення; ψ – коефіцієнт опору ерліфта; g – прискорення вільного падіння; D_e – еквівалентний діаметр ерліфта (для ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором $D_e = D - D_{\text{ш}}$).

Об'ємна продуктивність шнекового інтенсифікатора (шнека, розташованого в циліндричному корпусі з мінімальним зазором a (рис. 2)), визначена наступною залежністю, м³/с

$$Q_{\text{ш}} = \frac{\pi(D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2)}{4} \left(H_{\text{ш}} - \frac{b}{\cos \alpha_{\text{ш}}} \right) n K_{\text{ш}}, \quad (3)$$

де $D_{\text{ш}}$, $d_{\text{ш}}$ – зовнішній та внутрішній діаметр шнека; $H_{\text{ш}}$ – крок витка; b – товщина гребеня гвинта; $\alpha_{\text{ш}}$ – кут підйому гвинтової лінії; n – частота обертання шнека; $K_{\text{ш}}$ – загальний коефіцієнт, що зменшує завантаження шнека, ($K_{\text{ш}} = 0,45 \dots 0,65$).

Отримано основну залежність продуктивності роботи ерліфта з шнековим інтенсифікатором від конструкційних та експлуатаційних параметрів ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором

$$Q_{\text{еш}} = \frac{(D - D_{\text{ш}})^{2,5}}{1 + q_{\text{п}}} \sqrt{\frac{\alpha}{\psi} \left(1 + q_{\text{п}} - \frac{1}{\alpha}\right) \cdot g} + \frac{\pi(D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2)}{4} \left(H_{\text{ш}} - \frac{b}{\cos \alpha_{\text{ш}}} \right) n K_{\text{ш}}. \quad (4)$$

Енергетична характеристика ерліфту з шнековим інтенсифікатором визначена коефіцієнтом корисної дії ерліфту, що є відношенням корисної потужності для підйому гідросуміші до потужності підведеного потоку повітря та потоку від шнекового інтенсифікатора

$$\eta_{\text{еш}} = \frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{п}} + N_{\text{ш}}}, \quad (5)$$

де $N_{\text{к}}$ – корисна потужність

$$N_{\text{к}} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q_{\text{еш}}; \quad (6)$$

$N_{\text{п}}$ – потужність потоку повітря, який подається в змішувач (при ізотермічному процесі)

$$N_{\text{п}} = Q_{\text{п}} \cdot p_{\text{а}} \cdot \ln \left(\frac{p_{\text{а}} + \rho \cdot g \cdot h}{p_{\text{а}}} \right); \quad (7)$$

$N_{\text{ш}}$ – потужність, яка необхідна для обертання шнеку

$$N_{\text{ш}} = \frac{K_{\text{з}} \cdot Q_{\text{ш}} \cdot (H + h)}{367 \cdot \eta_{\text{пр}}} (\omega_{\text{з}}^1 + 1). \quad (8)$$

На основі вирішення рівняння (5) отримана залежність визначення коефіцієнта корисної дії ерліфта з шнековим інтенсифікатором

$$\eta_{\text{еш}} = \frac{(\rho_{\text{т}} - \rho) \cdot g \cdot H \cdot Q_{\text{еш}}}{Q_{\text{п}} \cdot p_{\text{а}} \cdot \ln \left(\frac{p_{\text{а}} + \rho \cdot g \cdot h}{p_{\text{а}}} \right) + \frac{K_{\text{з}} \cdot Q_{\text{ш}} \cdot (H + h)}{367 \cdot \eta_{\text{пр}}} (\omega_{\text{з}}^1 + 1)}, \quad (9)$$

де $\rho_{\text{т}}$ – густина твердого матеріалу; ρ – густина рідини; H – висота підйому твердого матеріалу; $Q_{\text{еш}}$ – продуктивність ЕУШІ; $Q_{\text{ш}}$ – продуктивність шнекового інтенсифікатора; $Q_{\text{п}}$ – подача компресора; $p_{\text{а}}$ – атмосферний тиск; h – глибина розробки; $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу; $\eta_{\text{пр}}$ – ККД приводу ($\eta_{\text{пр}} = 0,8 \dots 0,9$); $\omega_{\text{з}}^1$ – загальний коефіцієнт опору на шнеку (коефіцієнт тяги) ($\omega_{\text{з}}^1 = 6,5 \dots 8,3$).

Розрахунок приведених залежностей виконано за допомогою програми в *Excel 2016* та розглянуто на прикладі експериментальної установки газорідного підйомника з діаметром підйомної труби $D = 0,1$ м, повітряної труби $d = 0,052$ м, довжиною підйомної труби $H + h = 1,5$ м, геометричним зануренням $h = 1$ м. Результати виконаних на ПЕОМ обчислень подано у вигляді графічних залежностей на рисунках 2 та 3. При розрахунку ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором використано шнек з такими основними геометричними параметрами: зовнішній діаметр $D_{\text{ш}} = 0,032$ м; внутрішній діаметр $d_{\text{ш}} = 0,02$ м; крок витка $H_{\text{ш}} = 0,032$ м; товщина гребня гвинта $b = 0,005$ м; кут підйому гвинтової лінії $\alpha_{\text{ш}} = 30^\circ$ (рис. 4 та 5).

Таким чином використання шнекового інтенсифікатора доцільне. На кожні 50 об/хв інтенсифікатора спостерігалось зростання не лише продуктивності, а й коефіцієнта корисної дії у всьому діапазоні подач повітря. Це пояснюється тим, що відбувалась більш повна передача енергії від повітря до твердого матеріалу за рахунок збурювання гідросуміші по всій довжині підйомної труби ерліфту.

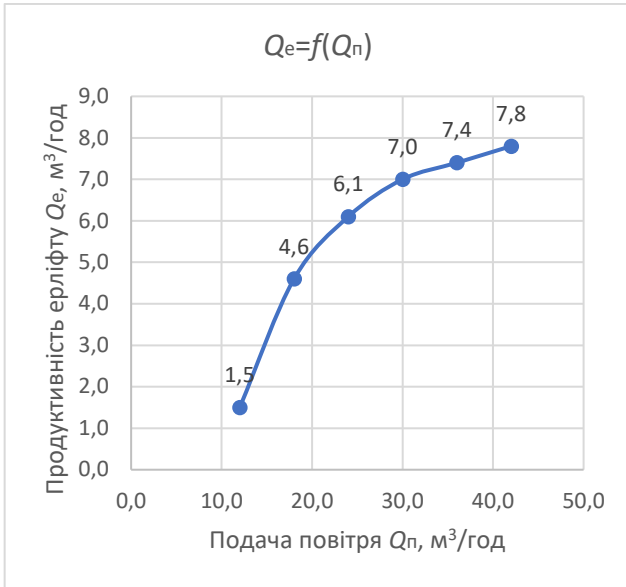


Рисунок 2 – Розрахункова витратна характеристика ерліфта при традиційній схемі роботи ($D = 0,1$ м, $d = 0,052$ м, $H + h = 1,5$ м, $h = 1$ м)

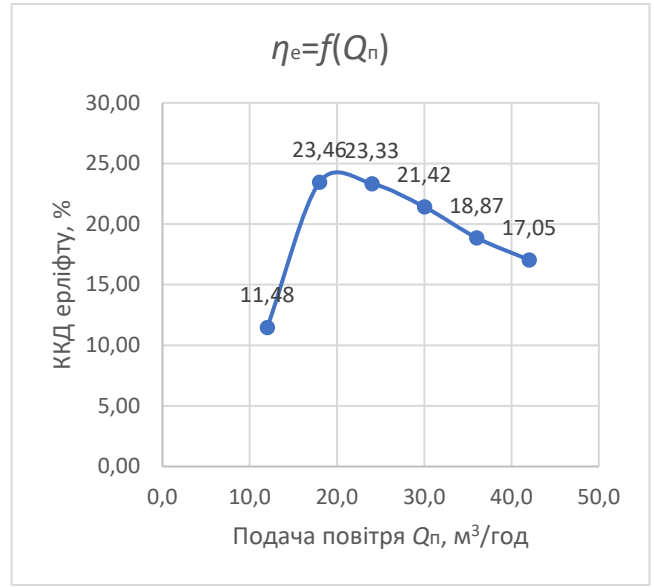


Рисунок 3 – Коефіцієнт корисної дії ерліфта при традиційній схемі роботи ($D = 0,1$ м, $d = 0,052$ м, $H + h = 1,5$ м, $h = 1$ м)

Аналіз та узагальнення отриманих результатів дозволили визначити область доцільного використання ерліфту з шнековим інтенсифікатором (рис. 6). Вона знаходиться в межах подачі повітря $15,0 \dots 35,0$ м³/год, це обумовлено тим, що ККД ерліфтової установки з шнековим інтенсифікатором не нижче за 30%.

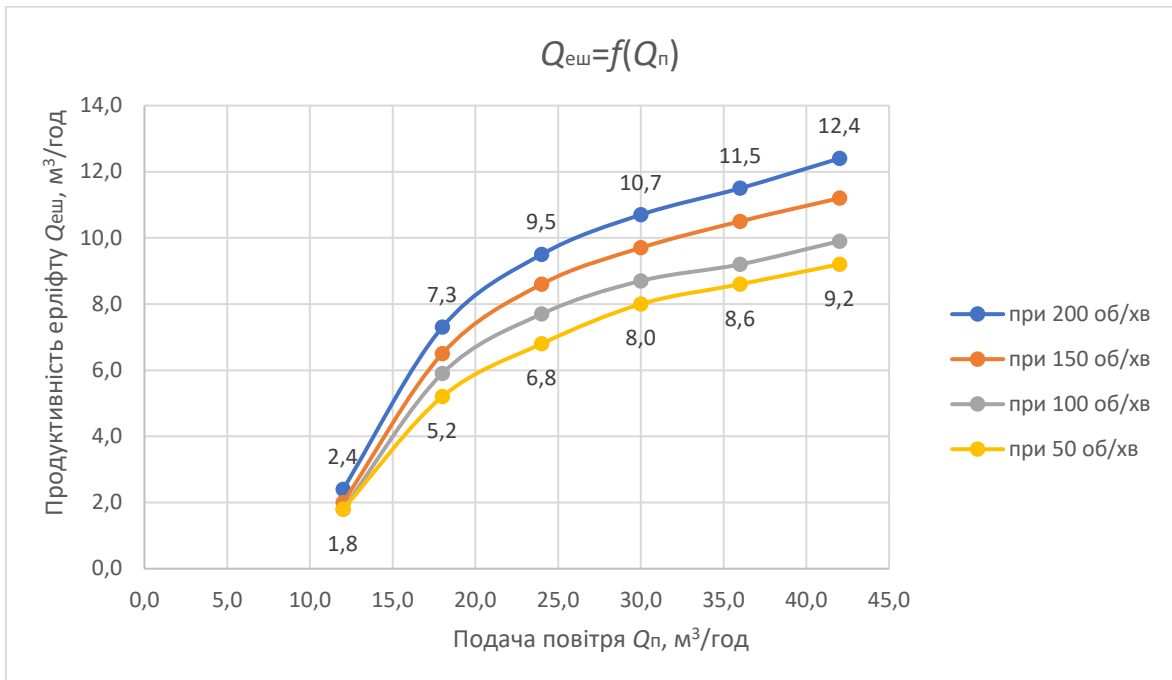


Рисунок 4 – Розрахункова витратна характеристика ерліфтової установки з шнековим інтенсифікатором ($D = 0,1$ м, $d = 0,052$ м, $H + h = 1,5$ м, $h = 1$ м, $D_{ш} = 0,032$ м, $d_{ш} = 0,02$ м, $H_{ш} = 0,032$ м, $n = 50 \dots 200$ об/хв)

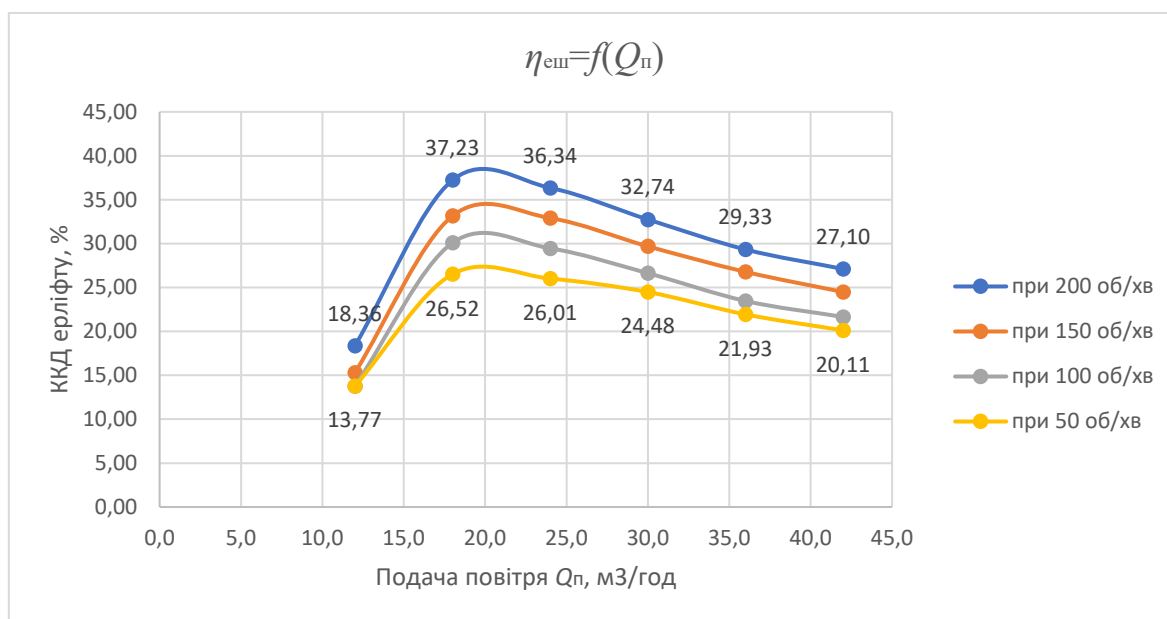


Рисунок 5 – Коефіцієнт корисної дії ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором ($D = 0,1$ м, $d = 0,052$ м, $H + h = 1,5$ м, $h = 1$ м, $D_{\text{ш}} = 0,032$ м, $d_{\text{ш}} = 0,02$ м, $H_{\text{ш}} = 0,032$ м, $n = 50 \dots 200$ об/хв)

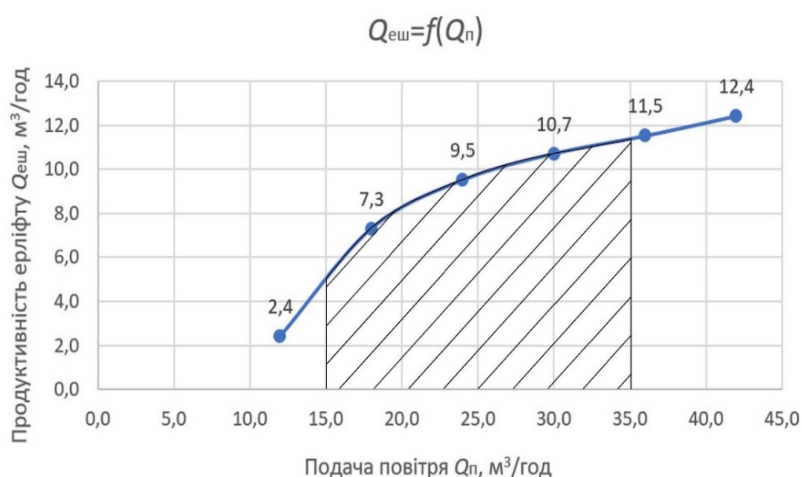


Рисунок 6 – Область доцільного використання ерліфту з шнековим інтенсифікатором ($D = 0,1$ м, $d = 0,052$ м, $H + h = 1,5$ м, $h = 1$ м, $D_{\text{ш}} = 0,032$ м, $d_{\text{ш}} = 0,02$ м, $H_{\text{ш}} = 0,032$ м, $n = 50 \dots 200$ об/хв)

В четвертому розділі виконано експериментальну перевірку, яка підтвердила ефективність запропонованих науково-технічних рішень. Було створено експериментальний стенд, що дає змогу вивчати вплив частоти обертів шнека та кількості повітря, що подається, на продуктивність ерліфта.

Експериментальні дослідження проводились при відносному геометричному зануренні змішувача $\alpha = 0,33$, що дозволяє забезпечити сталу роботу висхідного водоповітряного потоку в підйомній трубі ерліфта. Конструкція експериментального стенду складалася з основного баку об'ємом 250 л, в який встановлено підйомну трубу діаметром $\text{Ø}116 \times 8$ мм та довжиною 1,5 м. Труба фіксувалась таким чином, щоб змішувач, який прикріплено на ній знизу, мав

занурення 1,0 м. Повітровідокремлювач був прикріплений до підйомної труби зверху. Зливний патрубок $\text{Ø}116 \times 8$ мм з'єднував повітровідокремлювач та контрольну ємність об'ємом 50 л через витратомір марки Ергомера-125.АА. Контрольна і основна ємності сполучені зливним патрубком. За допомогою компресора С416М повітря через повітропровід діаметром $\text{Ø}60 \times 4$ мм подавалося у змішувач, тиск в якому вимірювався датчиком тиску *SML-20.0*. Тиск повітря регулювався реле *SDE5-D10-O* та перевірявся датчиком *SDE-10-10V/20mA*. Потік регулювався за допомогою запірної арматури *DN50*, а контроль – витратоміром *SFAB-1000U-M12*. Привід у запірній арматурі пневматичний фірми *FESTO* марка *DAPS-0060-090-R-F0305-S.S*. У підйомну трубу встановлено шнек, який обертався завдяки електродвигуну *SIEMENS 1LE15010CB321AA4-Z*. Регулювання частоти обертів виконувався за допомогою частотного перетворювача *SIEMENS PM 240-2*, а контроль – енкодером *1XP8012-10/1024* тієї ж фірми. Усі сигнали від датчиків надходили до блоку керування та реєстрації показників. Блок керування складався з АЦП *D:HW-Easyport-USB-D16A* та блоку входів *Anschlussinheit-AF TN162247 Serie M8*. Його живлення забезпечено блоком живлення *Netz4,5A TN 162 416 Serie R3*. Всі налаштування та регулювання виконувались через комп'ютер.

Експеримент проведено спочатку без шнека, а потім за його наявності при частоті обертання шнека $n_{\text{ш}} = 50 \dots 200$ об/хв (з кроком 50 об/хв); подача повітря компресором $Q_k = 0,2 \dots 0,7$ м³/хв (з кроком 0,1 м³/хв). За результатами проведених досліджень на рис. 7 наведено витратну характеристику традиційно працюючого ерліфту. На рис. 8 наведено витратні характеристики ерліфту з шнековим інтенсифікатором.

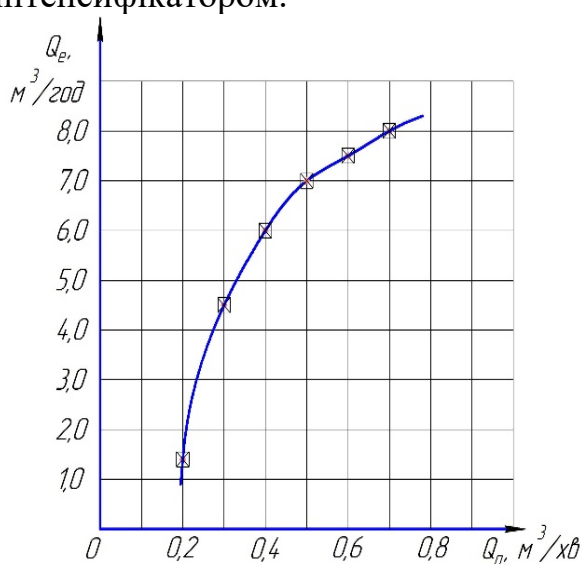


Рисунок 7 – Експериментальна витратна характеристика звичайного ерліфту (без шнека)

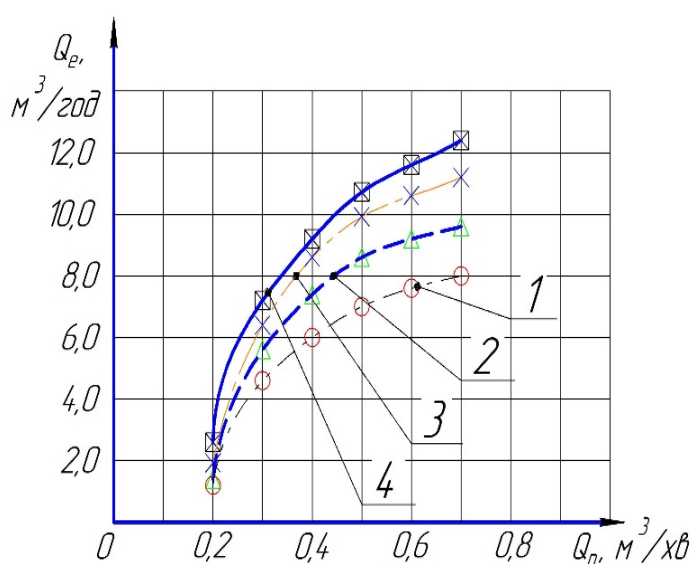


Рисунок 8 – Експериментальна витратна характеристика ерліфту з шнековим інтенсифікатором: 1 – при 50 об/хв шнека; 2 – при 100 об/хв шнека; 3 – при 150 об/хв шнека; 4 – при 200 об/хв шнека

Побудовано зведену експериментальну витратну характеристику ерліфтової установки з шнековим інтенсифікатором (рис. 9), що представляє собою

параболоїд, за допомогою ПЕОМ методом найменших квадратів отримано вираз прогнозування продуктивності

$$Q_{\text{еш}} = 0,00002n_{\text{ш}}^2 - 40,429Q_{\text{п}}^2 + 0,028n_{\text{ш}}Q_{\text{п}} - 0,002n_{\text{ш}} + 48,457Q_{\text{п}} - 6,71, \quad (10)$$

де $Q_{\text{еш}}$ – продуктивність ерліфту, м³/год; $n_{\text{ш}}$ – частота обертання шнеку в підйомній трубі, об/хв; $Q_{\text{п}}$ – подача повітря компресором, м³/хв.

Користуючись методами планування експерименту порівняння розрахункових даних з експериментальними виявило, що їх відхилення по всіх розглянутих характеристиках склало 6,1%, що свідчить про адекватність проведених математичних розрахунків.

Розроблено алгоритм прогнозування продуктивності ерліфта з шнековим інтенсифікатором (рис. 10). Наведено методику знаходження оптимальних робочих та конструкційних параметрів ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором. Розроблено алгоритм інженерного розрахунку ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором (рис. 11).

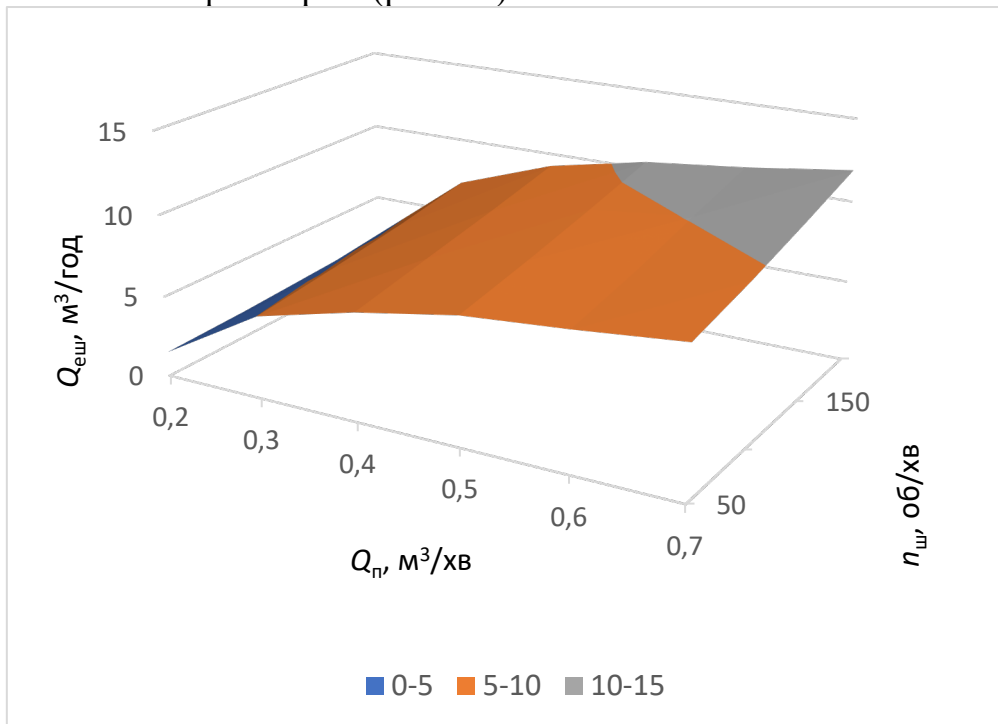


Рисунок 9 – Зведена експериментальна витратна характеристика ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором ($H + h = 1,5 \text{ м}$, $D = 0,1 \text{ м}$, $d = 0,052 \text{ м}$, $\alpha = 0,33$)

Було розроблено автоматичну систему регулювання продуктивності компресорної установки шляхом регулювання частоти обертання приводного електродвигуна компресора для забезпечення стабілізації тиску повітря в подаючій трубі в ерліфтній установці з шнековим інтенсифікатором. При цьому шляхом моделювання САР в середовищі *MATLAB Simulink* встановлено, що для двоконтурної САР необхідно застосовувати у внутрішньому контурі регулювання І-регулятор частоти обертання приводного електродвигуна компресора, а в зовнішньому контурі ІІІ-регулятор тиску повітря.

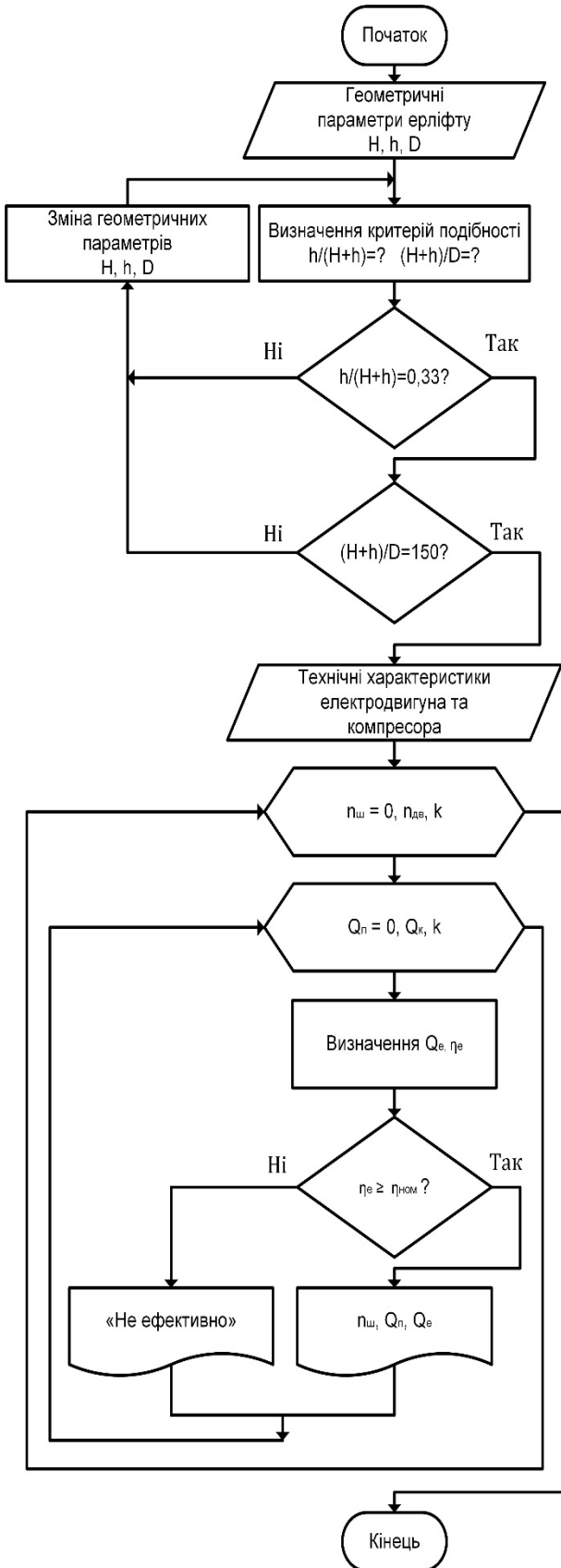


Рисунок 10 – Блок-схема алгоритму прогнозування продуктивності ерліфту з шнековим інтенсифікатором

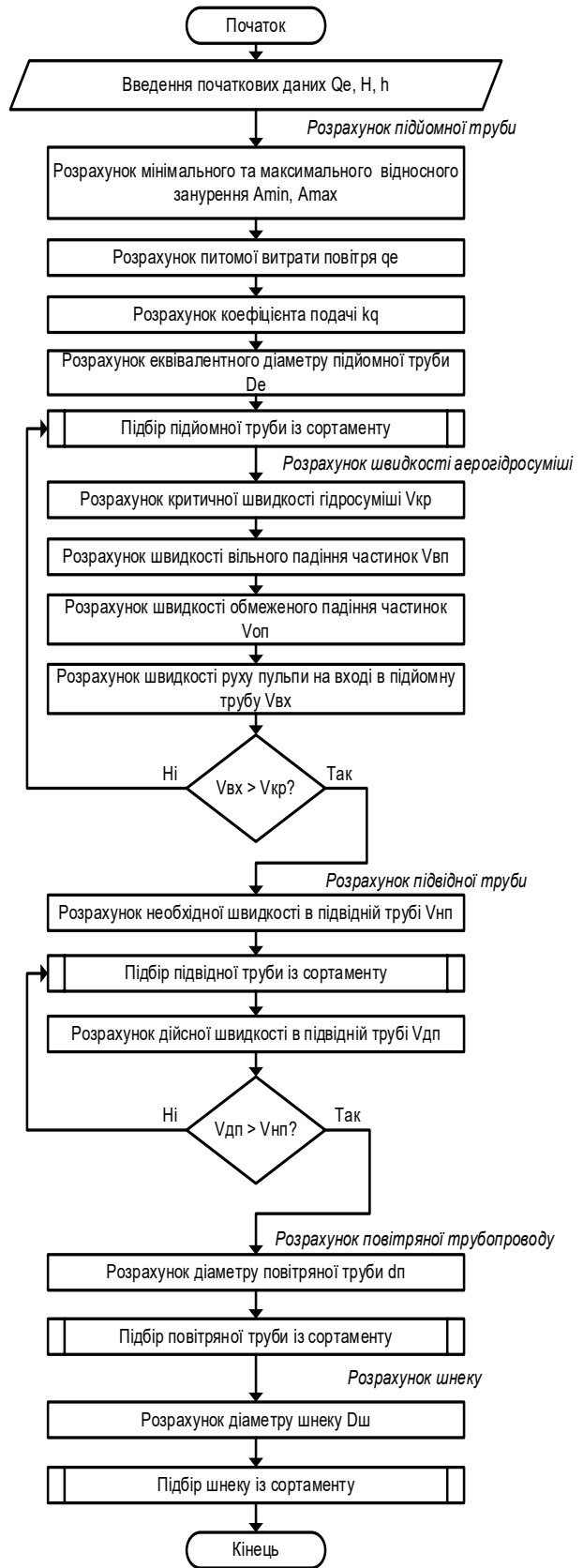


Рисунок 11 – Блок-схема алгоритму знаходження основних конструкційних характеристик ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, спрямоване на підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту за допомогою використання методу шнекової інтенсифікації ерліфтної установки при роботах у водоймищах глибиною до 20 м. Використання шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту дає змогу збільшити продуктивність установки на 49,5%, а коефіцієнт корисної дії – на 13,7%.

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному.

1. Проведено дослідження шляхів підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту. Встановлено, що підвищити ефективність експлуатації днопоглиблювального флоту у водоймищах глибиною до 20 метрів, можливо шляхом використання ерліфтної установки. Це обумовлено низькою металоемністю та високою надійністю, за рахунок відсутності складних частин в конструкції.

2. Проаналізовано основні способи підвищення ефективності експлуатації ерліфтної установки для виконання днопоглиблення в акваторіях на глибинах до 20 метрів. Виявлено, що найперспективнішим шляхом є покращення процесу підйому пульпи. Він дозволяє суттєво зменшити енергоємність процесу за рахунок повнішої передачі енергії від робочого тіла (повітря) до речовини, що піднімається.

3. Вперше розроблено метод підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту, який відрізняється від відомих, застосуванням шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту, який дозволяє покращити змішування трикомпонентної суміші по всій висоті підйомної труби, що призвело до збільшення на 13,7% коефіцієнту корисної дії та на 49,5% продуктивності ерліфтної установки.

4. Отримала подальший розвиток математична модель робочого процесу ерліфтної установки, яка відрізняється від відомих врахуванням впливу шнекового інтенсифікатора на підйом гідросуміші в підйомній трубі, як суперпозиція одномірного висхідного потоку, зумовленого подачею компресора, та потоку в аксіальному напрямі, створеного за рахунок обертання гвинтового інтенсифікатора, що дозволяє спрогнозувати продуктивність та коефіцієнт корисної дії установки. Вперше виведено аналітичні залежності для визначення коефіцієнту корисної дії ерліфта з шнековим інтенсифікатором, як відношення корисної потужності для підйому гідросуміші до потужності підведеного потоку повітря та потужності, витраченої для обертання шнекового інтенсифікатора, що дають змогу визначити енергетичну ефективність використання ерліфту з шнековим інтенсифікатором. Чисельний аналіз математичної моделі робочого процесу ерліфта з шнековим інтенсифікатором дозволив обґрунтувати області енергетично доцільного його використання (з умови перевищення ККД запропонованого ерліфта над ККД традиційного при інших рівних умовах) та розробити алгоритм прогнозування продуктивності ерліфту з шнековим інтенсифікатором.

5. Удосконалено метод знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки, який відрізняється від відомих врахуванням значень

експлуатаційних параметрів шнекового інтенсифікатора, що дозволяє більш ефективно використовувати днопоглиблювальний флот.

6. Розроблено аналітичні залежності та алгоритм знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором.

7. Розглянуто автоматичне регулювання ерліфтних установок з шнековим інтенсифікатором. Розроблено модель системи автоматичного регулювання витрат повітря компресора. Встановлено, що для двоконтурної САР необхідно застосовувати у внутрішньому контурі регулювання І-регулятор частоти обертання приводного електродвигуна компресора, а в зовнішньому контурі ІІ-регулятор тиску повітря.

8. Підтверджена адекватність математичної моделі робочого процесу ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором за результатами експериментальних досліджень дослідної установки, при забезпеченні рівності критерію подібності відносного геометричного занурення змішувача α , параметра $(H + h) / D$, аналогічному критерію натурних установок. Середні відхилення значень в точках витратних характеристик, визначених аналітично, від значень в точках характеристик, отриманих внаслідок регресійної обробки експериментальних даних, в окремих розглянутих режимах роботи ерліфта не перевищили 6,1%, що свідчить про прийнятну узгодженість розробленої математичної моделі з експериментом.

Дисертаційна робота є завершеною, її мета та завдання досягнуті.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Основні наукові результати.

1.1 Сукач М.К., Чередник В.М. Основні шляхи удосконалення ерліфтної установки для розробки підводних ґрунтів. *Гірни., буд., дор. і меліорат. машини*. 2007. №69. С. 26-33.

1.2 Сукач М.К., Чередник В.М. Аналітичні підходи до визначення основних параметрів ерліфтної установки. *Гірни., буд., дор. і меліорат. машини*. 2008. №72. С.8-11.

1.3 Сукач М.К., Чередник В.М. Установка для транспортування ґрунту в акваторіях. *Гірни., буд., дор. і меліорат. машини*. 2010. №75. С.57-61.

1.4 Сукач М., Чередник В. Гидравлический расчет эрлифтной установки. *Motrol*. 2010. 12D. С. 117-122.

1.5 Чередник В.М. Планування експерименту щодо дослідження продуктивності ерліфтної установки зі шнековим інтенсифікатором. *Новітні технології* : зб. наук. пр. приватного вищого навчального закладу «Університет новітніх технологій». Київ, 2019. Випуск 1(8). С. 163-168.

1.6 Чередник В.М. Експериментальний аналіз продуктивності ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором для днопоглиблювальних робіт. *Вісник ОНМУ* : зб. наук. пр. Одеського національного морського університету. Одеса, 2019. Випуск 1(58). С. 110-118.

2. Апробація наукових результатів.

2.1 Сукач М.К., Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для розробки підводного мулистого ґрунту. *Молодь: освіта, наука, духовність* : тези доп. IV всеукр. студ. наук. конф. Частина II. Київ : Університет «Україна», 2007. С. 245-246.

2.2 Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для розробки підводного мулистого ґрунту. Тези доп. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА. Київ. 6-9 лист. 2007 р. Київ : КНУБА, 2007. С. 77-78.

2.3 Сукач М.К., Чередник В.М. Застосування ерліфтного комплексу для розробки підводного мулистого ґрунту. *Молодь: освіта, наука, духовність* : тези доп. V всеукр. наук. конф. студентів і молодих вчених. Частина II. Київ : Університет «Україна», 2008. С. 456.

2.4 Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для розробки підводного мулистого ґрунту. Тези доп. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА. Київ. 4-6 лист. 2008 р. Київ : КНУБА, 2008. С. 94.

2.5 Сукач М.К., Чередник В.М., Марчук О.П. Розрахунок ерліфту для транспортування підводного мулистого ґрунту. *Молодь: освіта, наука, духовність* : тези доп. VI всеукр. наук. конф. студентів і молодих вчених. Частина II. Київ : Університет «Україна», 2009. С. 419-420.

2.6 Чередник В.М. Структура двофазного потоку у вертикальній трубі ерліфта. Тези доп. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА. Київ. 3-5 лист. 2009 р. Частина I. Київ : КНУБА, 2009. С. 98-99.

2.7 Сукач М.К., Чередник В.М. Аналітичний підхід до визначення основних параметрів ерліфтною установки. *Динамика, надійність і довговечність механічних і біомеханічних систем і елементів їх конструкцій* : матеріали конф. МНТК. Севастополь. 6-10 вер. 2010 р. Севастополь, 2010. С. 14.

2.8 Сукач М.К., Чередник В.М. Напрями розвитку ерліфтною техніки для розробки ґрунтів під водою. *Енергія 2010* : матеріали конф. IV МНТК. Сімферополь. 13-18 вер. 2010 р. Сімферополь, 2010. С. 8.

2.9 Чередник В.М. Ерліфтна установка для видобутку піску з дна водоймищ. *Гідромеханіка в інженерній практиці* : матеріали конф. XVIII міжнародн. наук.-техн. конф. Київ. 21-24 трав. 2013 р. Київ, 2013. С. 125-126.

2.10 Чередник В.М. Аналіз робочого процесу ерліфту зі шнеком з підйому трьохфазної суміші. *Гідромеханіка в інженерній практиці* : матеріали міжнародн. наук.-техн. конф. Кіровоград. 21-24 трав. 2014 р. Кіровоград, 2013. С. 125-126.

2.11 Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для розробки будівельного матеріалу з дна водоймища. *Гідромеханіка в інженерній практиці* : матеріали XX міжнародн. наук.-техн. конф. Київ. 26-29 трав. 2015 р. Київ, 2015. С. 140.

2.12 Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для розробки підводних мулистіх ґрунтів. Збірник тез XXI наук.-метод. конф. викладачів, аспірантів та студентів. Київ. 27-29 бер. 2017 р. Частина II. Київ : КДАВТ, 2017. С. 145-146.

2.13 Чередник В.М. Ерліфтний комплекс для видобутку будівельного матеріалу з дна водоймища. Збірник тез XXII наук.-метод. конф. викладачів, аспірантів та студентів. Київ. 26-29 бер. 2018 р. Частина II. Київ : ДУІТ, 2018. С. 90-91.

2.14 Чередник В.М. Експериментальний аналіз продуктивності ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором для днопоглиблювальних робіт. Зб. тез XXIII наук.-метод. конф. викладачів, аспірантів та студентів. Київ. 27-29 бер. 2019 р. Київ : ДУІТ, 2019. С. 71-73.

2.15 Чередник В.М. Продуктивність ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором для днопоглиблювальних робіт. *Водний транспорт: сучасний стан та перспективи розвитку* : зб. матеріалів міжнародн. наук.-практ. конф. Київ. 16-17 трав. 2019 р. Київ, 2019. С. 102-104.

3. *Праці, які додатково відображають наукові результати.*

3.1 Ерліфт: пат. 130913 Україна : МПК F04F 1/18 (2006.01). № u201808054 ; заявл. 20.07.2018 ; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24. 4 с.

АНОТАЦІЯ

Чередник В.М. Підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту в особливих умовах шляхом використання ерліфтної установки з шнековим інтенсифікатором. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» («05 – технічні науки»). – Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, 2019.

У дисертаційній роботі вирішується актуальне наукове завдання, спрямоване на підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту за допомогою використання методу шнекової інтенсифікації ерліфтної установки при роботах у водоймищах глибиною до 20 метрів.

Використання ерліфту для днопоглиблення на малих глибинах натомість звичайних земснарядів обумовлено низькою металоємністю та високою надійністю, за рахунок відсутності складних частин в конструкції.

Використання шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту дозволяє збільшити повноту передачі енергії від повітря до твердого матеріалу, а це в свою чергу підвищує продуктивність та збільшує коефіцієнт корисної дії машини, саме ті параметри, які були низькі у звичайних ерліфтах.

У ході дисертаційних досліджень отримано нові наукові результати, які полягають у тому, що: вперше запропоновано метод підвищення ефективності експлуатації днопоглиблювального флоту, який відрізняється від відомих, застосуванням шнекового інтенсифікатора в підйомній трубі ерліфту, що дозволяє більш ефективно виконувати днопоглиблювальні роботи на глибинах до 20 метрів; отримала подальший розвиток математична модель робочого процесу ерліфтної установки, яка відрізняється від відомих врахуванням впливу шнекового інтенсифікатора на підйом гідросуміші в підйомній трубі, що дозволяє спрогнозувати продуктивність та коефіцієнт корисної дії установки; удосконалено метод знаходження оптимальних робочих параметрів ерліфтної установки, який відрізняється від відомих врахуванням значень експлуатаційних

параметрів шнекового інтенсифікатора, що дозволяє ефективніше використовувати днопоглиблювальний флот.

Результати дисертаційних досліджень можуть бути використані для покращення конструкції при проектуванні сучасного ерліфтного комплексу для днопоглиблювальних робіт, а також в навчальному процесі при викладенні дисциплін «Суднові допоміжні установки, системи та технологічне обладнання» у розділі «Днопоглиблювальна техніка».

Ключові слова: ерліфтна установка, підйомна труба, шнек, трикомпонентна суміш, річковий та морський флот, днопоглиблення, днопоглиблювальний флот.

АННОТАЦИЯ

Чередник В.М. Повышение эффективности эксплуатации дноуглубительного флота в особых условиях путем использования эрлифтной установки с шнековым интенсификатором. – Квалификационная научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (докторий философии) по специальности 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» («05 – технические науки»). – Государственный университет инфраструктуры и технологий, Киев, 2019.

В диссертационной работе решается актуальная научная задача, направленная на повышение эффективности эксплуатации дноуглубительного флота посредством использования метода шнековой интенсификации эрлифтной установки при работах в водоемах глубиной до 20 метров.

Использование шнекового интенсификатора в подъемной трубе эрлифта позволяет увеличить полноту передачи энергии от воздуха к твердому материалу, а это в свою очередь повышает производительность и увеличивает коэффициент полезного действия машины, именно те параметры, которые были низкие в обычных эрлифтах.

Результаты диссертационных исследований могут быть использованы для улучшения конструкции при проектировании современного эрлифтного комплекса для дноуглубительных работ, а также в учебном процессе при изложении дисциплин «Судовые вспомогательные установки, системы и технологическое оборудование» в разделе «Дноуглубительные техника».

Ключевые слова: эрлифтная установка, подъемная труба, шнек, трехкомпонентная смесь, речной и морской флот, дноуглубление, дноуглубительный флот.

ABSTRACT

Cherednyk V.M. Improving the efficiency of the dredging fleet in special conditions by using an airlift plant with a screw intensifier. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.22.20 Operation and repair of means of transport. – State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, 2019.

In the dissertation the actual scientific problem is solved, directed on increase of efficiency of operation of dredging fleet by use of the method of auger intensification of an air lift plant at work in reservoirs up to 20 meters deep.

The use of an auger intensifier in an airlift lift tube increases the completeness of energy transfer from air to solid material, which in turn increases productivity and increases the machine's efficiency, precisely those parameters that were low in conventional airlifts.

The results of the dissertation research can be used to improve the design when designing a modern airlift complex for dredging works, as well as in the educational process in the presentation of the disciplines "Ship auxiliary plants, systems and technological equipment" in the section "Dredging equipment".

Keywords: air lift, lifting pipe, auger, three-component mix, river and sea fleet, dredging, dredging fleet.

