

А.Ю. Лебедєв

Національний технічний університет

“Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАНУРЮВАЛЬНОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТА З ЛАБІРИНТНО-ГВИНТОВИМИ СТУПЕНЯМИ

EXPERIMENTAL RESEARCH SUBMERSIBLE PUMP UNIT SCREW LABYRINTH-STAGE

Визначено ефективність використання на вході відцентрового насосного агрегата ступеня лабиринтно-гвинтового насоса з удосконаленими робочими органами. Наведено схему і опис експериментального стенда та представлено результати експериментальних досліджень безпосередньо ступеня лабиринтно-гвинтового насоса з різними конструкціями робочих органів та його роботи у складі входної ланки відцентрового насосного агрегата.

Ключові слова лабиринтно-гвинтовий насос, газоповітряна суміш, робочий ступінь, експериментальний стенд, робоча характеристика, ефективність використання

Вступ

Одним із способів підвищення ефективності роботи занурювальних насосних агрегатів при роботі на рідинах з великим вмістом газоповітряної суміші є використання диспергаторів, які здрибнюють газові пухирці до отримання квазігомогенної суміші, або використання насосних ступенів, добре працюючих на газорідинних сумішах [1]. Ступені відцентрових насосів, які перекачують газорідинну суміш можна поділити на дві групи. До першої слід віднести ступені з боку всмоктування насоса, які практично не розвивають напір але дроблять пухирці газу. До другої — ступені, що працюють на квазігомогенній рідині, які розвивають приблизно такий же напір, як і при роботі на однорідній рідині [2]. Слід зазначити, що існуючі диспергатори мають великі габарити, кількість ступенів яких становить 20–40.

Лабіринтно-гвинтові насоси (ЛГН), які є насосами тертя, завдяки робочому процесу можуть виконувати роль як диспергаторів, так і насосних ступенів, добре працюючих на газорідинних сумішах. ЛГН, які розроблено Всесоюзним інститутом гідромашинобудування у 1959 році, завдяки простоті конструкції, яка забезпечує його надійну роботу на рідинах із значним вмістом домішок, компактності та невеликій масі, знайшли широке використання у хімічній та харчовій промисловості. Такі насоси забезпечують витрату до 6 м³/с і розраховані на напір до 150 м, а значення їх ККД такі, як і у більшості вихрових насосів. Конструкція ЛГН дозволяє виготовлення їх на ті ж самі параметри, з меншою витратою матеріалів та використовувати їх в якості свердловинних занурювальних насосів для місцевого водопостачання. Сьогодні промисловими підприємствами серійно випускаються такі ЛГН: Роздол-1, [3]; ПХ2/40-Н, [4]; ОЛБ 0,16/4К, виробництва ООО НПП Насысы и Уплотнения; ХОЛ 15/70, які призначені для перекачування розплавленої сірки при температурі до 150°C [5] та ін.

Аналіз літературних джерел

Експериментальним дослідженням занурювальних насосних агрегатів, у тому числі і при роботі на рідинах з великим вмістом газоповітряної суміші присвячено значну кількість наукових робіт, проведених у Сумському державному університеті, наприклад [6] та ін. Експериментальні дослідження ЛГН розглянуто в значно меншій кількості наукових робіт. У роботах [3, 7] наведено результати експериментальних досліджень ЛГН при роботі на воді, а в роботах [8, 9] при роботі на газорідинній суміші. Аналіз літературних джерел не виявив результати експериментальних досліджень роботи занурювального насосного агрегата з лабиринтно-гвинтовими ступенями, розташованими на його вході. Таким чином, проведення дослідження з метою встановлення впливу лабиринтно-гвинтового ступеня, розташованого на вході занурювального насосного агрегата на його характеристики є актуальним науково-технічним завданням.

Робота занурювального насосного агрегата у видобувній свердловині

Частина пластової рідини разом з пухирцями газоповітряної суміші надходить до входу занурювального насосного агрегата, всмоктується насосом та подається на поверхню (рисунок 1). Частина газоповітряної суміші, виділившись з пластової рідини, надходить у позатрубний простір. Процес руху вільної газоповітряної фази у позатрубному просторі можна охарактеризувати як роботу газорідинного підйомника (газліфта) у режимі нульової подачі.

При потраплянні газоповітряної суміші разом з пластовою рідиною до відцентрового насоса зменшується витрата рідини і напір на виході з насоса. Зазначимо, що при достатньо високій концентрації газоповітряної суміші робота відцентрового насоса стає нестійкою, що

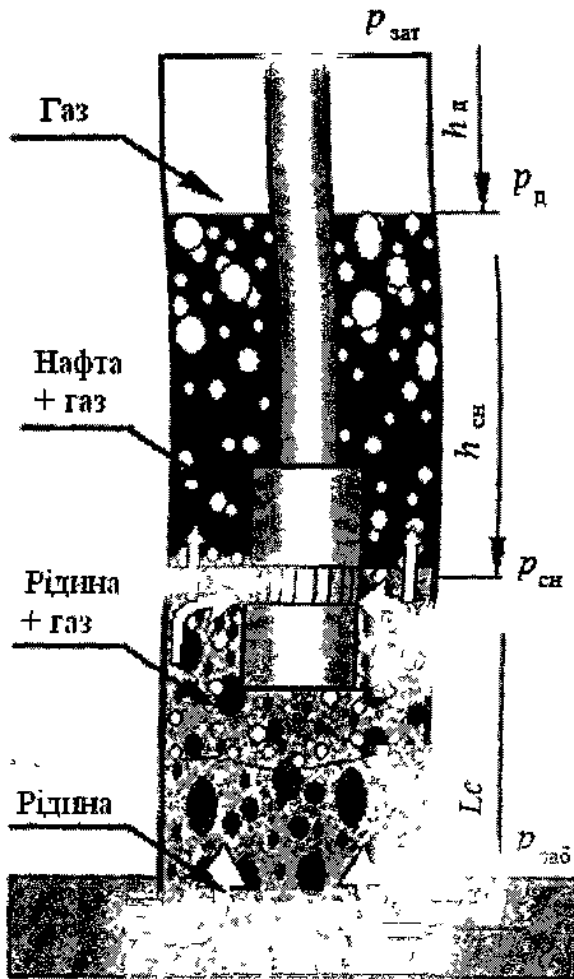


Рисунок 1 — Схема роботи занурювального насосного агрегата на газорідній суміші

характеризується коливаннями тиску, потужності та подачі і може призвести до повної втрати останньої.

Встановлення лабіринтно-гвинтового ступеня на вході занурювального насосного агрегата диспергує газоповітряну суміш, створюючи квазігомогенну рідину і додатковий напір на вході відцентрових насосних ступенів, підвищуючи стійкість роботи та характеристики насосного агрегата.

Експериментальні дослідження

Вони проводились на ПАТ "ХЕМЗ-ІРЕС" у кілька етапів. Схему експериментального стенда зображено на рисунку 2.

Відмінною особливістю стенда є те, що його оснащено баком змішування води з поверхньоактивними речовинами БЗМ, диспергатором Д, для розпилювання повітря у рідині та системою подачі повітря (ресивером Р, дроселем ДР7) з датчиком витрати В1.

Стенд забезпечує: максимальний тиск нагнітання — 1,2 МПа; напір — 0–100 м; максимальну витрату води — $2,084 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, повітря — $1,435 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ при споживаній потужності, не більшій ніж 5,0 кВт. Для вимірювання витрати води використовували витратомір В2 та

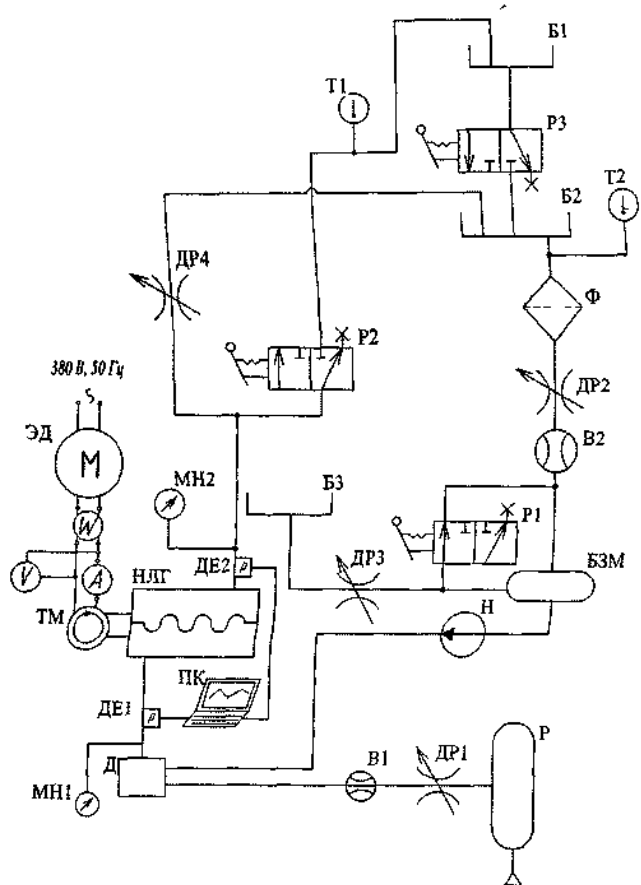


Рисунок 2 — Схема експериментального стенда: ЕД — електродвигун; ТМ — тахометр; МН1, МН2 — манометри; Д — диспергатор; ПК — персональний комп'ютер; ДЕ1, ДЕ2 — електричні датчики вимірювання тиску; ЛЛГ — насос лабіринтно-гвинтовий; В1, В2 — витратоміри; ДР1-ДР4 — дроселі (вентилі); Б1 — бак мірний; Б2 — бак робочий; БЗМ — бак змішувач; Р1-Р3 — розподільники; Т1, Т2 — термометри; РС — ресивер; Ф — фільтр.

мірний бак Б1, витрати повітря — датчик витрати В1 типу TG 300-10 зі змінними трубками, клас точності 2,0, температури — термометри Т1 і Т2, діапазон вимірювання 0–150°C, клас точності 1,0, потужності ватметр W, діапазон вимірювання — 0,3–5,0 кВт, клас точності 1,0. Для виміру тиску на вході та виході ЛЛГ використовувалися манометри МН1 і МН2 та перетворювачі тиску ДЕ1 та ДЕ2, типу ПД.20/2 (клас точності 0,05), похибка вимірювань яких складала 0,5%, а частота пропускання становила 1200 Гц.

При проведенні експериментальних досліджень відносна середня квадратична похибка при вимірюванні становила: тиску — 1,5%, пульсацій тиску — 2,5%, витрати рідини — 1,5%, витрати повітря — 0,9%. Причому з імовірністю 0,95 можна стверджувати, що значення вимірюваних величин знаходяться у довірчому інтервалі, при якому максимальне відхилення від їх середнього вимірюваного значення не більше: для тиску та пульсацій тиску — 4,6%; витрати — 5,8%. Гранична похибка вимірюваних параметрів не перевищує величин, відповідно до ГОСТ 11828-86.

На першому етапі досліджували ЛГН з різними формами робочих органів (рисунок 3).

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що максимальний напір забезпечується двома стандартними ступенями ЛГН, розташованими послідовно, проте результати досліджень ЛГН с одним ступенем робочих органів показали, що використання ЛГН з удосконаленою формою робочих органів [10], порівняно зі стандартною, дозволяє значно підвищити його робочі характеристики.

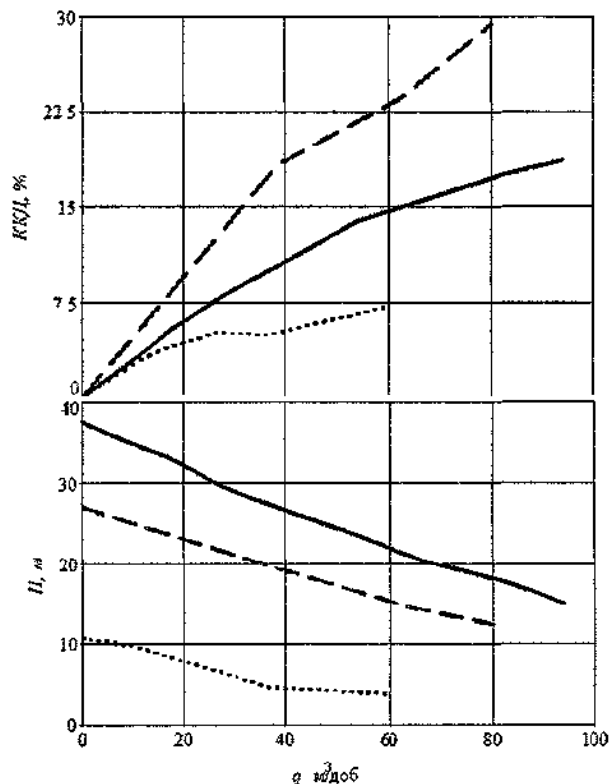


Рисунок 3 — Експериментальні дослідження ЛГН з різними формами робочих органів:
 ————— два ступеня ЛГН;
 - - - - - ЛГН, [10];
 ЛГН.

На другому етапі проводили дослідження сумісної роботи одного ступеня ЛГН з 19 ступенями відцентрового насоса (рисунок 4).

Дослідження роботи 19-ти ступенів відцентрового насоса у парі з ЛГН з різною конструкцією робочих органів, встановлених на його вході, та без нього показало, що найбільший ККД досягається за відсутності ступеня ЛГН, що пояснюється меншою кількістю робочих агрегатів. Порівнювальний аналіз роботи пари відцентровий насос з ЛГН на вході показав, що використання ЛГН з удосконаленою конструкцією робочих органів [10] дозволяє отримати суттєве покращення робочої характеристики при витраті на виході насосного агрегата, який

складається з 19-ти ступенів відцентрового насоса з ступенем на вході ЛГН, до 80 м³/доб. Зазначимо, що з підвищенням вмісту газоповітряної суміші робота ЛГН з удосконаленими робочими органами стає більш ефективною [9]. Характер зміни напірних характеристик досліджуваних ЛГН співпадає з експериментальними характеристиками таких насосів, наведених в [3].

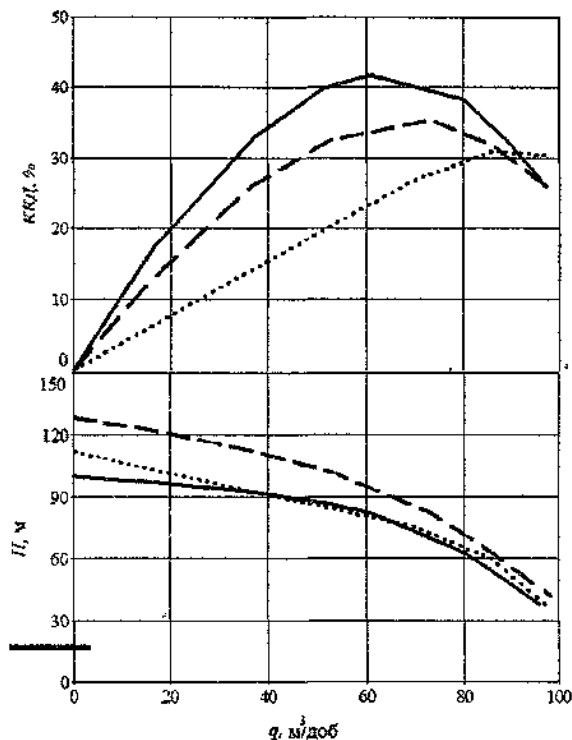


Рисунок 4 — Експериментальні дослідження роботи 19-ти ступенів відцентрового насоса зі ступенем ЛГН:
 ————— 19 ступенів відцентрового насоса;
 - - - - - 19 ступенів відцентрового насоса та ЛГН, [10];
 19 ступенів відцентрового насоса та ЛГН.

Висновки

Експериментальним шляхом доведено ефективність використання на вході відцентрового насосного агрегату ступені ЛГН з удосконаленими нами робочими органами. ККД та напір такого насосного агрегата відповідно зросли на 8 і 13 %. Удосконалення робочих органів однієї ступені ЛГН дозволило на 30 % збільшити його ККД та практично вдвічі напір.

Література

1. Оборудование для добычи нефти с высоким содержанием свободного газа и опыт его эксплуатации / Ш.Р. Агеев, А.В. Берман, А.М. Джалаев и др. // [Электронный ресурс]. Заголовок с экрана.

2. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Под ред. Ш.К. Гиматутдинова, М.: Недра, 1983. — 463 с.

3. Голубев, А.И. Лабиринтно-винтовые насосы и уплотнения для агрессивных сред. — 2 изд. — М.: Машиностроение, 1981. — 112 с.

4. Электронный адрес: www.ds.sumy.ua

5. Специальные насосы. Вихревые и центробежные. / Электронный адрес: www.bibliotekar.ru/spravochnik-117-nasos/30.htm

6. Евтушенко, А.А. Коэффициент полезного действия свободновихревого насоса типа "Туро" при работе на чистой жидкости и на газожидкостной смеси / А.А. Евтушенко, С.В. Сапожников, В.А. Соляник // Вестник НТУУ "КПИ": Машиностроение, 1999. — Вып. 36. — Т. 1. — С. — 249 — 255.

7. Голубев, А.И. Лабиринтные насосы для химической промышленности. — М.: Машиностроение, 1961. — 76 с.

8. Білокін, І.І. Вплив газомісту рідини на характеристики лабиринтно-гвинтового насоса. / І.І. Білокін, Ю.М. Стеценко, В.А. Макагон і ін. // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2011. — № 2/8 (50). С. 32—35.

9. Андренко, П.М. Експериментальні дослідження лабиринтно-гвинтового насоса. / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедев, І.І. Білокін і ін. // Промислова гідравліка і пневматика. — Вінниця ВДАУ, 2013. — №2 (40). — С. 21—30.

10. Декларацийний патент на корисну модель 68863 Україна F04/00. Лабіринтно-гвинтовий насос / Андренко П.М., Стеценко Ю.М., Білокін І.І., Лебедев А.Ю., Макагон В.А. — № 201112505; Заявл. 25.10.2011; Опубл. 10.04.2012, Бюл. №7. — 4 с.: іл.

References

1. Oborudovanie dlya dobychi nefiti s vyisokim soderzhanіem svobodnogo gaza i opyt ego ekspluatatsii / Sh.R. Ageev, A.V. Berman, A.M. Dzhalaeв i dr. // [Elektronnyy resurs]. Zagolovok s ekrana.

2. Spravochnoe rukovodstvo po proektirovaniyu razrabotki i ekspluatatsii neftyanyh mestorozhdeniy. Pod red. Sh.K. Gimatutdinova, M.: Nedra, 1983. — 463 s.

3. Golubeв, A.I. Labirintno-vintovyye nasosy i uplotneniya dlya agressivnyh sred. — 2 izd. — M.: Mashinostroenie, 1981. — 112 s.

4. Elektronnyy adres: www.ds.sumy.ua

5. Spetsialnyie nasosy. Vihrevyye i tsentrobezhnyie. / Elektronnyy adres: www.bibliotekar.ru/spravochnik-117-nasos/30.htm

6. Evtushenko, A.A. Koeffitsient poleznogo deystviya svobodnovihrevoгo nasosa tipa "Turo" pri rabote na chistoy zhidkosti i na gazozhidkostnoy smesi / A.A. Evtushenko, S.V. Sapozhnikov, V.A. Solyanik // Vestnik NTUU "KPI": Mashinostroenie, 1999. — Vyp. 36. — T. 1. — S. 249—255.

7. Golubeв, A.I. Labirintnyie nasosy dlya himicheskoy promyshlennosti. — M.: Mashinostroenie, 1961. — 76 s.

8. Bilokin, I.I. Vpliv gazovmistu rіdini na harakteristiki

labirintno-gvintovogo nasosa. / I.I. Bilokin, Yu.M. Stetsenko, V.A. Makagon i dr. // Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy. 2011. — № 2/8 (50). S. — 32 — 35.

9. Andrenko, P.N. Eksperimentalni doslidzhennya labirintno-gvintovogo nasosa. / P.N. Andrenko, A.Yu. Lebedev, I.I. Bilokin i dr. // Promislova gidravlika i pnevmatika. — Vinnitsya VDAU, 2013. — № 2 (40). — S. 21—30.

10. Deklaratsylniy patent na korisnu model 68863 Ukrayina F04/00. Labirintno-gvintoviy nasos / Andrenko P.M., Stetsenko Yu.M., Bilokin I.I., Lebedev A.Yu., Makagon V.A. — № 201112505; Zayavl. 25.10.2011; Opubl. 10.04.2012, Byul. № 7. — 4 s.: Il

Надійшла 30.03.2014

УДК 66.023

Експериментальні дослідження погрузного насосного агрегата с лабиринтно-винтовими ступенями

А.Ю. Лебедев

Определена эффективность использования на входе центробежного насосного агрегата ступени лабиринтно-винтового насоса с усовершенствованными рабочими органами. Приведены схема, описание экспериментального стенда и представлены результаты экспериментальных исследований непосредственно ступени лабиринтно-винтового насоса с разными конструкциями рабочих органов, а также ее работа в качестве входного звена центробежного насосного агрегата.

Ключевые слова лабиринтно-винтовой насос, газозвдушная смесь, рабочая ступень, экспериментальный стенд, рабочая характеристика, эффективность использования.

UDC 66.023

Experimental research submersible pump unit screw labyrinth-stage

A. Lebedev

The purpose of the article to determine the effectiveness of using the input stage centrifugal pump set-labyrinth screw pump with improved working bodies. Bringing diagram and description of an experimental stand and presents the results of experimental studies directly-stage labyrinth screw pump working of different designs, as well as her work as the input link centrifugal pump unit.

Key words: labyrinth-screw pump, gas mixture, the working stage, experimental stand, performance, efficiency.

