МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.НІО$_м$-35.00.00.000 ПЗ

Група НІО$_м$-24-1

Олександр Іващенко

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра нафтогазових машин та обладнання

ІВАЩЕНКО ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ
(прізвище, ім'я, по-батькові)

УДК 622.279.7

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Підготовка лабораторної роботи з вивчення обладнання установки діафрагмового насоса
(назва роботи)

Обладнання нафтових і газових промислів
(назва освітньої програми)

185 –Нафтогазова інженерія та технології
(шифр і назва спеціальності)

_____*О.А. Іващенко*
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього рівня)

Науковий керівник
Федорович Ярослав Теодорович, доцент, кандидат технічних наук
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

доцент _____ Я. Т. Федорович
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент
доцент _____ Д.О. Паневник
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2025 рік

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Інститут *ІІМ Р*
Кафедра *нафтогазових машин та обладнання*
Спеціальність *185 - Нафтогазова інженерія та технології*
ОПП *Обладнання нафтових і газових промислів*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГО
_____*Я.Т. Федорович*

2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Студенту *Іващенку Олександру Анатолійовичу*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи *Підготовка лабораторної роботи з вивчення обладнання установки діафрагмового насоса*

Затверджена наказом № *565/7 від 11.09.2025р.*

2 Термін здачі студентом закінченої роботи *15.12.2025р.*

3 Вихідні дані до роботи *паспорт лабораторії кафедри 7108*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань) *Вступ. Розділ1. 1.1 Обгрунтування виконання роботи. 1.2 Актуальність використання обладнання УЕДН. 1.3 Обгрунтування доцільності використання УЕДН для видобування нафти. 1.4 Методика вибору обладнання УДН. 1.4.1 Вибір обладнання підземної частини УЕДН та його розрахунок. 1.5 Опис конструкції та принципу дії УЕДН. 1.6 Розроблення лабораторного стенда УЕДН. 1.7 Розроблення методвказівок до лабораторної роботи з вивчення конструкції діафрагмового насоса. 1.8 Розроблення тестів для контролю знань з даної теми. 1.9 Дослідження роботи насоса УДН. 2 Охорона праці і техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи. Висновки. перелік посилань на джерела. Бібліографічна довідка.*

5 Перелік графічного матеріалу

5.1 *Загальний вигляд УЕДН – 1л, ф.А1;*
5.2 *Складальні креслення насоса– 2л, ф.А1;*
5.3 *Креслення для стенду (установка в зборі, насоси,) плакати– 2 л, ф. А1;*
5.4 *Ілюстрації, фото, графічні залежності – 2 л, ф.А1;*
Всього *5-6 аркушів формату А1.*

6 Консультанти по роботі (за необхідністю).

Розділ	**Консультант**	**Підпис, дата**	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ЕОМ	*Доц.. Михайлюк М.М.*		

6 Дата видачі завдання *02.09.2025р.*

Керівник _____ / *Федорович Я.Т.* /
Особистий підпис Розшифровка підпису

Завдання прийняв до виконання _____ / *Іващенко О.А./*
Особистий підпис Розшифровка підпису

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів роботи	**Термін виконання етапів роботи**	**Примітка**
Пояснювальна записка		
Вступ		
Розділ 1		
Розділ 2		
Розділ 3		
Графічна частина		
п. 5.1		
п. 5.2		
п. 5.3		
п. 5.4		

Студент_____/ *Іващенко О.А./*

Керівник роботи_____ / *Федорович Я.Т./*

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Підготовка лабораторної роботи з вивчення обладнання установки діафрагмового насоса», містить 82 сторінок, 3 таблиць, 11 рисунків, 16 використаних літературних джерел, і графічного матеріалу загальним обсягом 7 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – є навчальний лабораторний процес з дисциплін, пов'язаних з вивченням насосного обладнання.

Предметом дослідження є методика підготовки та проведення лабораторної роботи з вивчення обладнання установки діафрагмового насоса.

Мета роботи – підготовка лабораторної роботи з вивчення обладнання установки діафрагмового насоса, що забезпечує формування у студентів практичних навичок аналізу, експлуатації та принципу роботи насосного обладнання.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

– проведено аналіз конструкцій та принципів роботи діафрагмових насосів;

– розглянуто основні параметри, що впливають на їхню роботу;

– підготовлено методичні матеріали для виконання лабораторної роботи;

– розроблено тести для контролю знань.

Практична цінність роботи полягає у створенні лабораторної установки та навчально-методичних матеріалів, які можуть бути використані у навчальному процесі під час викладання дисциплін, пов'язаних із гідравлічними машинами та насосним обладнанням.

Отримані результати сприятимуть підвищенню ефективності підготовки студентів технічних спеціальностей та вдосконаленню методики викладання технічних дисциплін.

Ключові слова: діафрагмовий насос, лабораторна установка, гідравлічні характеристики, методика дослідження, навчальний процес.

ABSTRACT

Master's thesis on the topic **"**Preparation of a laboratory work for studying the equipment of a diaphragm pump unit" consists of 82 pages**,** 3 tables**,** 11 figures**,** 16 references, and graphic materials with a total volume of 7 A1-format sheets**.**

The object of the research is the educational laboratory process within disciplines related to the study of pumping equipment.
The subject of the research is the methodology for preparing and conducting a laboratory work on studying the equipment of a diaphragm pump installation.

The aim of the thesis is to prepare a laboratory work on studying the equipment of a diaphragm pump installation, which ensures the formation of students' practical skills in analysis, operation, and understanding of the operating principles of pumping equipment.

To achieve this aim, the following tasks were accomplished:

- an analysis of the designs and operating principles of diaphragm pumps was carried out;
- the main parameters affecting their operation were considered;
- methodological materials for performing the laboratory work were prepared;
- tests for knowledge assessment were developed.

The practical significance of the work lies in the development of a laboratory installation and educational and methodological materials that can be used in the educational process when teaching disciplines related to hydraulic machines and pumping equipment.

The obtained results contribute to improving the effectiveness of training students of technical specialties and enhancing the methodology of teaching technical disciplines.

Keywords: diaphragm pump, laboratory installation, hydraulic characteristics, research methodology, educational process.

ЗМІСТ

Вступ 7

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ 9

1.1 Актуальність використання обладнання УЕДН 10

1.2 Особливості конструкції обладнання УЕДН для видобування нафти 14

1.3 Методика вибору обладнання УДН 18

1.3.1 Вибір обладнання підземної частини УЕДН та його розрахунок 19

1.4 Опис конструкції та принципу дії УЕДН 24

1.5 Розроблення лабораторного стенда УЕДН 58

1.6 Розроблення методвказівок до лабораторної роботи з вивчення Конструкції діафрагмового насоса 59

1.7 Розроблення тестів для контролю знань з даної теми 69

1.8 Дослідження роботи насоса УЕДН 75

2 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ 78

Висновки 80

Перелік посилань на джерела 82

ВСТУП

Нафта і газ, будучи основними енергоносіями, відіграють важливу роль у економічному розвитку будь-якої держави. Продукти нафто- і газопереробки є базою для виробництва транспортних палив (для наземного, водного та повітряного транспорту), а також цінною сировиною для хімічної промисловості. Вуглеводневі ресурси забезпечують отримання понад п’яти тисяч різних хімічних продуктів. Використання вуглеводневої сировини у хімічній галузі дає змогу значно знизити собівартість виробництва, замінюючи, наприклад, етиловий спирт із харчової сировини дешевшими синтетичними аналогами.

У процесі переробки нафти отримують широкий спектр цінних продуктів: бензин, керосин, дизельне паливо, мастильні матеріали, мазут, парафіни, бітум та інші нафтопродукти. Хімічна переробка вуглеводнів забезпечує виробництво синтетичних каучуків, волокон, пластмас, лакофарбових матеріалів та інших полімерних сполук.

Останніми роками процес видобування нафти характеризується низкою особливостей:

– вступ більшості родовищ у пізню стадію розробки, що супроводжується зростанням обводненості продукції;

– інтенсифікація розробки низькодебітних та виснажених покладів;

– необхідність освоєння важкодоступних родовищ, розташованих у регіонах із суворими кліматичними умовами;

– застосування кущового розташування свердловин.

За таких умов виникає потреба у використанні високоефективного та надійного обладнання для механізованого видобування нафти. Особливої уваги заслуговують глибинні насоси, що мають компактну конструкцію, забезпечують ізоляцію основних робочих елементів від агресивного середовища та приводяться в дію зануреним електродвигуном. Одним із перспективних рішень для експлуатації свердловин у складних умовах є

заглибний діафрагмовий електронасос, що поєднує високу герметичність, довговічність та здатність працювати з високов’язкими і забрудненими флюїдами.

Саме ці технічні й експлуатаційні особливості зумовлюють актуальність вивчення конструкції, принципу дії та методики вибору обладнання установки діафрагмового насоса в рамках лабораторної роботи.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Сучасний стан нафтогазової галузі характеризується зростанням частки важковидобувних запасів, збільшенням обводненості пластової продукції, ускладненням умов експлуатації свердловин та підвищенням вимог до енергоефективності і надійності насосного обладнання. У таких умовах особливо важливим є вибір і правильна експлуатація глибинних насосів, здатних забезпечувати стабільний видобуток навіть при високому вмісті механічних домішок, агресивних компонентів та значних перепадах тиску [8].

Діафрагмові електронасосні установки (УЕДН) є одним із найбільш сучасних технічних рішень для механізованого видобування нафти у складних геолого-технічних умовах. Їх конструкція забезпечує повну герметичність робочої камери, відсутність прямого контакту рухомих елементів із перекачуваною рідиною, а також тривалий ресурс роботи. Завдяки цьому УДН ефективно використовуються у свердловинах із високою концентрацією абразивних частинок, в’язких нафт, пластових рідин з домішками газу та у випадках, коли застосування традиційних штангових або відцентрових насосів є малоефективним або неможливим [4].

Підготовка майбутніх фахівців-нафтовиків вимагає глибокого розуміння принципів роботи подібного обладнання, його конструктивних особливостей, методів розрахунку продуктивності, надійності та критеріїв вибору для конкретних свердловин. Лабораторні роботи є ключовим елементом у формуванні таких знань, оскільки дозволяють:

– вивчити конструкцію діафрагмового насоса на реальному обладнанні;

– відтворити процеси, що відбуваються під час роботи УДН у свердловині;

– дослідити вплив технічних параметрів насоса на подачу та тиск;

– здійснити аналіз режимів роботи та оцінити їх ефективність;

– отримати навички технічного обслуговування та діагностики насосних установок [15].

На сьогодні в навчальних закладах, що готують спеціалістів для нафтогазової галузі, відчувається потреба у сучасних лабораторних стендах, які адекватно моделюють роботу глибинного діафрагмового насоса. Більшість існуючих лабораторних установок використовують класичні моделі штангових або відцентрових насосів, що не відображають сучасних технологічних тенденцій.

Створення лабораторної роботи, присвяченої вивченню установки діафрагмового насоса, дозволить:

– осучаснити навчальний процес відповідно до світових тенденцій у нафтовидобутку;

– забезпечити студентів можливістю практичного дослідження роботи глибинного діафрагмового обладнання;

– підвищити рівень професійної підготовки майбутніх інженерів;

– сформувати компетентності, необхідні для роботи з сучасною насосною технікою;

– забезпечити наукову базу для подальших досліджень в області механізованого видобування;

– моделювати аварійні, пускові та робочі режими УДН у безпечних лабораторних умовах.

Таким чином, виконання роботи з розроблення лабораторної роботи та навчального стенда для вивчення обладнання установки діафрагмового насоса є актуальним, обґрунтованим і необхідним кроком для підготовки висококваліфікованих фахівців у галузі нафтогазової інженерії [16],[15].

1.1Актуальність використання обладнання УДН

На сучасному етапі розвитку нафтової галузі методи механізованого видобутку нафти — газліфтний та глибинний насосний — набувають все більшого значення. Це пояснюється тим, що енергія, закладена в пласті, стає недостатньою для забезпечення підйому нафти на поверхню по ліфтових

трубах. Крім того, багато свердловин на розроблюваних родовищах з самого початку експлуатації характеризуються недостатньою пластовою енергією [12].

Сфера застосування глибиннонасосного способу експлуатації свердловин за останні десятиліття значно розширилася, особливо з початком використання безштангових насосних установок. Незважаючи на значний прогрес у створенні нового обладнання за останній період, на сьогодні межі технічно можливого та економічно доцільного застосування установок глибинних насосів не повністю відповідають вимогам експлуатації свердловин, особливо при переході від одного способу експлуатації до іншого та на пізніх стадіях розробки родовищ .

Нині основну увагу приділяють розробці, удосконаленню та застосуванню глибинних відцентрових, гвинтових (насоси з прогресивною порожниною НПП) та діафрагмових насосів, які широко використовуються для експлуатації нафтових родовищ у США, Канаді, Іраку та Австралії. Нові технічні рішення повинні дозволити оптимально використовувати енергію пласта, ліквідувати втрати нафти та газу, концентрувати основне технологічне обладнання у укрупнених пунктах виробництва, зменшити металоємність і капіталомісткість системи. Створення нового та вдосконалення старого обладнання дасть змогу підприємствам-виробникам стати конкурентоспроможними й вийти на світовий ринок, зайнявши там достойне місце .

Глибинні насоси сприяють підвищенню ефективності видобутку, відкриваючи нові можливості використання технологій механізованого видобутку нафти. Прогрес у цій галузі, супроводжуваний удосконаленнями у сфері моніторингу та контролю, дозволяє задовольняти вимоги замовника, підвищувати продуктивність та знижувати експлуатаційні витрати. У США та Канаді питання удосконалення, розробки та застосування нового обладнання для видобутку нафти приділяється велика увага [10].

Важливим умовою забезпечення стабільного рівня видобутку нафти в нашій країні та одночасного скорочення експлуатаційних і матеріально-технічних витрат є створення в нафтогазодобувній промисловості нового обладнання [2].

В останні роки в більшості нафтодобувних районів країни скорочується число високодебітних свердловин і інтенсифікується розробка малодебітних родовищ. При цьому спостерігаються такі тенденції: зростає загальна кількість свердловин, широко впроваджується кустовий метод облаштування родовищ, ряд родовищ переходить у пізню стадію розробки, що супроводжується збільшенням обводненості продукції свердловин [8].

Традиційним і найбільш поширеним видом обладнання для видобутку нафти з малодебітних свердловин є установки свердловинних штангових насосів (УШСН). Умови експлуатації свердловин показали, що штангові насоси мають низку недоліків: найкоротший міжремонтний період; заклинювання або підвищений знос плунжера насоса при наявності механічних домішок у рідині; обрив та стирання труб і штанг; велика металоємність. Використання приводів штангових установок пов’язане з виконанням великого обсягу будівельно-монтажних робіт на гирлі свердловини. Під час експлуатації таких установок у похило-направлених свердловинах відбувається передчасний знос штанг та насосно-компресорних труб [11].

Таким чином, при використанні УШСН для експлуатації свердловин слід виділити кілька основних моментів:

– Швидке зношування або заклинювання пари «плунжер–втулка» в умовах високої обводненості та наявності сторонніх твердих домішок у продукції свердловин.

– Передчасний знос штанг та НКТ у похило-направлених і викривлених свердловинах.

– Велика металоємність і встановлювальна потужність, а також необхідність виконання будівельно-монтажних робіт при облаштуванні свердловин.

– Значний обсяг малодебітних свердловин у загальному фонді .

Оскільки ці фактори істотно впливають на рівень експлуатації свердловин, очевидно, що для більш раціональної організації видобутку доцільна конструкція заглибного насоса з герметичною ізоляцією робочих органів від перекачуваної рідини та з приводом від занурювального електродвигуна. Одним із таких рішень є конструкція заглибного діафрагмового насоса.

Видобуток нафти та нафтопродуктів із малодебітних і середньодебітних свердловин потребує застосування надійних та ефективних насосних установок. У цьому контексті установки діафрагмових та гвинтових електронасосів підземного типу (УДН) мають особливу актуальність з наступних причин:

Підвищення ефективності видобутку[13]

– УДН дозволяють підтримувати стабільний дебіт свердловини, забезпечуючи безперервне видобування рідини навіть із низьким тиском на пласті.

– Використання підземних насосів зменшує втрати енергії та підвищує ККД процесу видобутку.

Мінімізація аварійності та простоїв

– Заглибні діафрагмові насоси та відповідне електрообладнання забезпечують надійний захист від перевантажень, недовантаження та коротких замикань.

– Застосування комплектних пристроїв захисту (наприклад, Ш5103-3277У1) знижує ризик пошкодження обладнання та зменшує витрати на ремонт.

Адаптація до різних умов експлуатації

– УДН можуть працювати при широкому діапазоні температур (5–90 °C) та в різних кліматичних зонах.

– Можливість підбору типорозмірів насоса, плунжерних пар і насосно-компресорних труб дозволяє оптимізувати установку під конкретну свердловину.

Уніфікація та спрощення обслуговування

– Установки різних типорозмірів уніфіковані, що спрощує поставки запасних частин, монтаж і ремонт.

– Стандартизоване підземне та наземне обладнання дозволяє зменшити витрати на логістику та підготовку персоналу.

Підвищення безпеки персоналу

– Використання блокаторів та роз’єднувальних коробок знижує ризик ураження електричним струмом.

– Комплектні системи захисту перешкоджають потраплянню нафтового газу в електрообладнання.

Таким чином, використання обладнання УДН є актуальним і економічно доцільним рішенням для забезпечення надійного, безпечного та ефективного видобутку нафти з малодебітних і середньодебітних свердловин.

1.2 Особливості конструкції обладнання УЕДН для видобування нафти

Діафрагмові насоси відносяться до класу об’ємних і призначені насамперед для експлуатації малодебітних та середньодебітних нафтових свердловин, які становлять основну частину сучасного фонду нафтової промисловості.

Насос складається з гідравлічної та приводної частин. До гідравлічної частини входять всмоктувальний та нагнітальний клапани, гідравлічна порожнина, у яку надходить, а потім витискається видобута рідина, та діафрагма, що розділяє насос на дві частини.

Діафрагма виконує дві основні функції: витіснення рідини та ізоляцію приводної частини від агресивного середовища. Приводна частина, залежно від конструктивного виконання, може містити різні вузли. Її завдання — створення зусилля та передача його на діафрагму [15].

За способом передачі енергії безштангові діафрагмові насоси поділяються на дві групи: насоси з заглибними електроприводом та насоси з поверхневим гідроприводом.

Найбільш часто для приводу діафрагмових насосів у нафтовидобутку використовується роторний електродвигун. Існували спроби застосування соленоїдних (електромагнітних) та лінійних електродвигунів, що дозволяє спростити трансмісію.

Соленоїдний двигун є найпростішим за конструкцією та компактним. Проте він має низький ККД та велику швидкість руху робочого органу, що ускладнює його використання в нафтових насосах.

Лінійний двигун дозволяє зменшити швидкість поступального руху якоря порівняно із соленоїдним, але має відносно низький ККД (близько 30%) і високу робочу температуру обмоток. Оскільки діафрагмові насоси призначені для малодебітних свердловин, охолодження лінійних електродвигунів утруднене, тому на практиці вони не застосовуються [13].

Роторний асинхронний електродвигун на сьогодні є найбільш поширеним типом приводу для заглибних насосних установок завдяки достатньо високому ККД (понад 80%) та високій технічній і технологічній відпрацьованості виготовлення, експлуатації та ремонту.

Система передачі зусилля від двигуна до діафрагми називається трансмісією і поділяється на механічну та гідравлічну.

У діафрагмових насосах з механічним приводом діафрагми є штовхач, який жорстко з’єднаний із діафрагмою. Під час ходу нагнітання діафрагма зазнає навантаження, рівне тиску, що створюється насосом. Тому зі збільшенням робочого тиску насосів термін служби діафрагми різко зменшується. Через це при механічному приводі параметри насоса, як

правило, жорстко пов’язані з міцними характеристиками діафрагми та обмежені її ресурсом. Оскільки тиск, що створюється заглибними насосами для видобутку нафти, досить високий (приблизно 10 МПа), цей тип трансмісії не може бути використаний у насосах, призначених для тривалої роботи в свердловинах [8].

У насосах з гідравлічним приводом діафрагми між нею та виконавчим органом насоса знаходиться рідина, яка, витісняючись із робочої камери робочим органом (наприклад, плунжером), впливає на діафрагму, а через неї — на перекачувальну рідину. При цьому діафрагма виконує лише роль роздільного органу, який відокремлює робочу рідину та виконавчі механізми насоса від перекачувального середовища. Тиск рідин з обох сторін діафрагми практично однаковий.

Якщо відхилення діафрагми від нейтрального положення обране так, щоб напруження в матеріалі були незначними, працездатність та термін служби діафрагми визначаються межею витривалості матеріалу при багаторазовому вигині в місці кріплення до корпусу насоса.

До переваг цього типу трансмісії відносяться можливість передавати великі потужності при малих розмірах елементів, тривалий ресурс, обумовлений самозмащуванням усіх елементів робочою рідиною, та прості засоби захисту трансмісії від перевантажень [4].

До особливостей даного типу трансмісії належать високі вимоги до якості виготовлення її елементів, а також до самої робочої рідини, властивості якої повинні залишатися стабільними при тривалій роботі за підвищених температури та тиску. У зв’язку з цими особливими вимогами сучасні машинобудівні та нафтохімічні технології використовують саме цей тип трансмісії для діафрагмових насосів, призначених для видобутку нафти.

Однак у разі застосування гідравлічного приводу діафрагми необхідно передбачити в конструкції насоса пристрій для підтримання заданого нейтрального положення діафрагми. Найпростіші з таких пристроїв – відкритого типу, коли конструкція насоса забезпечує гарантовану витікання

робочої рідини з порожнини насоса в діафрагмову камеру, а звідти, при утворенні певного надлишку робочої рідини, вона скидається в нагнітальний канал діафрагмового насоса. У цьому випадку в насосі має бути достатній об’єм робочої рідини для забезпечення необхідного терміну служби [12].

Пристрої для підтримання нейтрального положення діафрагми (так звані системи компенсації витоків — СКВ) дозволяють регулювати об’єм робочої рідини в діафрагмовій камері, додаючи її або скидаючи надлишок у зливну лінію силового насоса. Використання такої системи мінімізує втрати робочої рідини, проте ускладнює конструкцію насоса. В інших випадках може застосовуватися комбінована система, при якій нестача робочої рідини в діафрагмовій камері компенсується з гідравлічної системи насоса, а надлишок скидається в нагнітальний канал діафрагмового насоса. Конкретний вибір способу підтримання нейтрального положення діафрагми залежить від конструкції насоса і, зокрема, від конструкції самих діафрагм [7].

Як уже зазначалося, однією з найважливіших частин насоса є діафрагма. Часто саме її довговічність визначає ресурс насоса, оскільки клапани мають достатній ресурс і добре відпрацьовану конструкцію, а приводна частина насоса відокремлена від агресивного середовища діафрагмою, що також забезпечує високий рівень надійності. Оскільки особливості виконання діафрагм залежать від конструкції насоса, розглянемо їх детальніше.

Свердловинні діафрагмові насоси можуть бути як одностороннього, так і двостороннього дії. Насоси одностороннього дії дозволяють значно спростити конструкцію та зменшити габарити. Однак у цьому випадку з’являється значна нерівномірність навантаження приводу, що знижує його ККД та надійність. Цей недолік можна суттєво зменшити при застосуванні рекуператорів енергії холостого ходу, що дозволяє знизити необхідну встановлювальну потужність приводу, покращити умови його роботи та підвищити загальний ККД. Водночас наявність рекуператора ускладнює конструкцію насоса, а його вихід з ладу призводить до зупинки роботи насоса [14].

Тому насоси одностороннього дії виготовляються невеликої потужності — 3–5 кВт.

Насоси двостороннього дії при тій самій встановлювальній потужності електродвигуна мають подачу в 1,5–1,7 рази більшу, ніж насоси одностороннього дії, завдяки відсутності холостого ходу та більш рівномірному навантаженню на електродвигун. Тому цей принцип доцільно рекомендувати при виготовленні насосів великої потужності (понад 5 кВт) [13].

1.3 Методика вибору обладнання УЕДН

Вибір обладнання установки діафрагмового насоса базується на комплексному аналізі умов експлуатації свердловини, фізико-хімічних характеристик продукції, а також технічних параметрів самої установки. Основою методики є визначення необхідної подачі та напору, які повинен забезпечувати насос, щоб гарантовано підтримувати стабільний режим відкачування рідини із заданої глибини. Початковим етапом є дослідження дебіту свердловини, обводненості, в’язкості та газового фактору, що дозволяє оцінити навантаження на насос та встановити оптимальні параметри роботи гідравлічної частини. Особлива увага приділяється тиску на вибої та динамічному рівню рідини, оскільки саме ці параметри визначають необхідний напір і механічне навантаження на діафрагму [15].

Далі проводиться вибір типорозміру насоса за діаметром гідроциліндра, величиною ходу плунжера та максимально допустимим тиском у нагнітальній лінії. Важливо врахувати, що діафрагмова конструкція забезпечує відокремлення робочої рідини від механічної частини, тому при виборі моделі УДН необхідно оцінювати хімічні властивості продукції, наявність механічних домішок та абразивності. За результатами аналізу визначають необхідний матеріал діафрагми, тип клапанів та конструкцію шламових труб, якщо є ризик надходження твердих частинок .

Одним із ключових критеріїв є глибина спуску насоса та характеристики напірної колони. Довжина та діаметр труб повинні забезпечувати мінімальні гідравлічні втрати при транспортуванні рідини. Підбирається також плунжерна пара, яка відповідає необхідній подачі насоса при конкретній частоті обертання електродвигуна. Якщо свердловина характеризується низьким дебітом, доцільно обирати комплекти зі зменшеним діаметром плунжера, що забезпечує точнішу регуляцію подачі. У випадку підвищеної в’язкості продукції застосовують плунжерні пари з підвищеним моментом приводу та відповідним ущільненням. Основним завданням є забезпечити такий підбір елементів, щоб насос працював у режимі, близькому до номінального, із мінімальним ризиком кавітації та перевантаження[2].

На завершальному етапі визначається електротехнічна частина установки. Потужність електродвигуна вибирається з урахуванням максимальних пускових навантажень, можливих перевантажень у процесі роботи та коефіцієнта запасу. Оцінюється також сумісність двигуна з наявною мережею живлення та умовами експлуатації в свердловині. Додатково враховують особливості монтажу, наявність захисної арматури, систем контролю та необхідність застосування спеціальних фільтрів або зворотних клапанів. Правильний вибір обладнання УДН дозволяє забезпечити надійну та безперебійну роботу насоса, продовжує строк його служби та підвищує ефективність видобутку у складних умовах експлуатації [8].

1.3.1 Вибір обладнання підземної частини УЕДН та його розрахунок

Підземна частина установки діафрагмового насоса є ключовим елементом свердловинної системи і складає комплекс технічних засобів, що забезпечують приймання продукції з пласта, її піднімання та транспортування на поверхню. Основою підземної частини є насосний агрегат, який включає корпус діафрагмового насоса, всмоктувальний і нагнітальний клапани, робочу діафрагму та з’єднувальні елементи. Цей вузол встановлюється на заданій глибині свердловини і забезпечує формування необхідної подачі рідини,

підтримання заданого напору та безпечну роботу в умовах змінного дебіту та можливих коливань тиску [4],[12].

Нижче насосного агрегату розташовується всмоктувальна секція, яка включає усмоктувальну трубку, фільтрувальні або сітчасті елементи, шламові труби та зворотний клапан. Вона забезпечує захист насоса від твердих частинок, піску і мулу та запобігає зворотному потоку рідини. Конструкція всмоктувальної частини може доповнюватися шламовловлювачами та піскоуловлювачами, що підвищує надійність роботи підземного обладнання у важких умовах експлуатації [12].

Для піднімання рідини на поверхню використовується підйомна колонна система насосно-компресорних труб, яка одночасно є каналом для транспортування рідини та несучою конструкцією, що сприймає масу підземного обладнання та динамічні навантаження під час роботи насоса. Вибір внутрішнього діаметра НКТ і матеріалу труб проводиться на основі розрахунків швидкості потоку, втрат на тертя, абразивного зношування та хімічної стійкості до складових пластової рідини [5].

Фіксація насоса в свердловині здійснюється за допомогою підвіски та спеціальних кріпильних вузлів, які гарантують точне розташування агрегату на робочій глибині та стабільність під час експлуатації. Центрувальні елементи, напрямні башмаки та захисні кільця забезпечують правильне положення насоса всередині обсадної колони, запобігають перекосу та зменшують вібраційні навантаження на корпус і робочі органи [10].

Вибір підземного обладнання проводиться з урахуванням проектної продуктивності свердловини, складу рідини, глибини спуску, тиску на гирлі та типу приводу насоса. Насос підбирається за подачею та напором, клапани і сітки — за пропускною здатністю та абразивною стійкістю, підйомні труби — за міцністю та стійкістю до корозії. У разі електричного приводу до підземної частини додаються броньований силовий кабель, герметичні муфти та кабельні кріплення для надійної подачі електроенергії .

Особлива увага приділяється захисним елементам, які оберігають насос від абразивного зношування і засмічення, а також дозволяють продовжити ресурс роботи підземної частини і скоротити обсяг ремонтних робіт. Матеріали виготовлення обладнання підбираються з урахуванням корозійної стійкості, механічної міцності та хімічної сумісності з видобувною рідиною.

Усі елементи підземної частини працюють як єдина система, що забезпечує стабільний прийом рідини з пласта, створення необхідного напору для підйому на поверхню, захист робочих органів від абразивного впливу, можливість регламентного обслуговування та тривалу безаварійну експлуатацію. Після детального опису конструкції підземної частини наступним етапом є гідравлічний та технічний розрахунок обладнання, який дозволяє визначити повний напір системи, втрати на тертя та місцеві опори, гідравлічну потужність, а також вибрати оптимальний діаметр труб, тип насоса та потужність приводу, що забезпечує безпечну і ефективну роботу УДН у конкретних умовах свердловини [7].

Розрахунки, що проводяться при вибору підземного обладнання УДН, включають визначення наступних параметрів [7].

1. Подача насоса по рідині визначається за формулою

$$Q = 1{,}36 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha \cdot e \cdot f \cdot (1 - s) \cdot (p - u)^{-1} \cdot d^2 \qquad (1.1)$$

де Q – подача насоса м^3/добу

α - коєфіцієнт подачі ;

e – ексцентриситет привода, мм;

f – частота струму, Гц;

S – коєфіцієнт ковзання привода;

p – число пар полюсів електродвигуна;

u – передаточне число конічної передачі;

d – діаметр плунжера, мм.

При значеннях параметрів: e = 8мм; u = 1,8; $\eth$ = 2. Подачу насоса можна визначити у вигляді:

$$Q = 3{,}02 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha \cdot f \cdot (1 - s) \cdot d^2 \,, \qquad (1.2)$$

α = 0,9; f = 50 Гц; s = 6.5%; d = 25мм.Тоді подача насоса рівна:

$$Q = 3{,}02 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}9 \cdot 50 \cdot (1 - 0{,}065) \cdot 25^2 = 7{,}94 \text{м}^3/\text{добу}$$

2. Корисна потужність насоса визначається за співвідношенням:

$$N = P \cdot Q = 13 \cdot 10^6 \cdot 9{,}2 \cdot 10^{-5} = 1{,}2 \text{кВт} \,, \qquad (1.3)$$

де N – потужність насоса,кВт.

P=$13 \cdot 10^6$ Па – тиск

Q=$9{,}2 \cdot 10^{-5}$м^3/с– продуктивність

3. Потужність електродвигуна визначається за формулою

$$N_э = \frac{P \cdot Q}{\eta} = \frac{13 \cdot 10^6 \cdot 9{,}2 \cdot 10^{-5}}{0{,}4} = 2{,}99 \text{кВт}, \qquad (1.4)$$

де $N_э$ – потужність насоса, кВт;

$P = 13 \cdot 10^6$ Па – тиск,

$Q = 9{,}2 \cdot 10^{-5}$м^3/с –продуктивність ,

η = 40% - ККД насоса.

Підбір УДН до свердловин проводиться за їх умовною характеристикою, що визначає залежність між добовим дебітом і тиском, необхідним для підйому рідини зі свердловини при заданому протитиску. Вибір оптимального режиму роботи УЕДН та його узгодження з роботою пласта здійснюється на основі умови рівності продуктивності насоса і дебіту свердловини за рідиною.

4. Глибина підвіски насоса $L_н$ визначається з урахуванням положення динамічного рівня ($L_Д$) при відборі заданого об’єму рідини з пласта та величини занурення $h_п$, що створює необхідний тиск на вході насоса, тобто:

$$L_н = L_Д + h_п + \frac{P_у}{\rho \cdot g} + h_{тр} - Н_r, \qquad (1.5)$$

де P_y – гирловий тиск , Па; h_{mp} – втрати на ковзання , м; H_r – висота підняття рідини за рахунок роботи газа (газліфтний ефект), м

Швидкість течії рідини по колоні НКТ 89:

$$V_{\text{НКТ}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{НКТ}}^2} = \frac{4 \cdot 9.2 \cdot 10^{-5}}{3{,}14 \cdot 0{,}073^2} = 0{,}02 \ \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (1.6)$$

де: $Q = 7.94 \ \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} = 9.2 \cdot 10^{-5} \ \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ - дебіт рідини;

$d_{\text{НКТ}} = 73$ мм - внутрішній діаметр НКТ 89

Знаходимо число Рейнольдса, Re:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{\text{НКТ}} \cdot d_{\text{НКТ}}}{\mu} = \frac{800 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}073}{0{,}03} = 292, \quad (1.7)$$

де: $\rho = 800 \ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина рідини;

$\mu = 0{,}03$ Па $\cdot$ с $-$ динамічна в’язкість..

Оскільки Re<2300, то режим течії рідини у свердловині є ламінарним.

Обчислимо коефіцієнт тертя λ\lambdaλ. Оскільки режим течії ламінарний, то:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{292} = 0{,}22 \quad (1.8)$$

Якщо немає даних про величину динамічного рівня, то його можна приблизно визначити:

$$L_{\text{дин}} = L_{\text{с}} - \frac{\text{Р}_{\text{пл}}}{\rho_{\text{вн}} \cdot g} = 1600 - \frac{11.5 \cdot 10^6}{800 \cdot 9{,}81} = 135\text{м}, \quad (1.9)$$

де $\rho_{\text{вн}} = 800\text{кг/м}^3$– густина водонафтової суміші на виході з насоса,

$L_{\text{с}} = 1600$м - глибина свердловини,

$\text{Р}_{\text{пл}} = 11.5$Мпа

Немає сенсу спускати насос на більшу глибину під рівень рідини, тому доцільно опустити його на ту глибину, де тиск дорівнює 3 МПа, що забезпечує нормальну роботу насоса, тобто $h_{\text{п}} = 382$м.

Втрати напору на гідравлічне тертя в НКТ орієнтовно визначають як для однорідної ньютонівської рідини:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{\text{Н}_{\text{сп}} \cdot \omega^2}{2g \cdot d_{\text{НКТ}}} = 0{,}22 \cdot \frac{1300 \cdot 0{,}022^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}073} = 0{,}1\text{м}, \quad (1.10)$$

де $\text{Н}_{\text{сп}}$– глибина спуску насоса, приймемо $\text{Н}_{\text{сп}}$=1300 м;

λ=0,22 - коефіцієнт гідравлічного опору;

ω – лінійна швидкість потоку, м/с:

$$\omega = \frac{Q}{F} = \frac{9.2 \cdot 10^{-5}}{4.2 \cdot 10^{-3}} = 0{,}022 \text{м/с}, \quad (1.11)$$

де F — площа поперечного перерізу НКТ.

Напір, що відповідає газліфтному ефекту в підземних трубах, можна приблизно оцінити за формулою:

$$\text{Н}_\text{г} = 4D \cdot G_{o.\text{факт}} \cdot (1 - \sqrt[3]{\frac{\text{Р}_\text{у}}{\text{Р}'_\text{нас}}}) \cdot [1 - B]\,, \quad (1.12)$$

$$\text{Н}_\text{г} = 4 \cdot 0.46 \cdot 200 \cdot \left(1 - \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 10^6}{9{,}5 \cdot 10^6}}\right) \cdot [1 - 0{,}75] = 29.4\text{м}$$

де Р′нас – тиск насичення після сепарації газу біля насоса;

В – середній обводненість продукції (вміст води 25 %);

$G_{o.\text{факт}}$ = 200 м3/м3 – газовий фактор.

Підставляючи отримані значення у формулу 1.5, отримаємо:

$$L_\text{н} = 135 + 382 + \frac{3 \cdot 10^6}{800 \cdot 9.81} + 0.1 - 29.4 = 870\text{м}$$

1.4 Опис конструкції та принципу дії УЕДН

На базі добре зарекомендованого у промисловій експлуатації діафрагмового насоса Ое-10, з урахуванням усунення ряду його конструктивних недоліків. Конструкторським бюро з безштангових насосів – була створена конструкція заглибного діафрагмового електронасоса типу ЕДН-5, яка не потребує застосування додаткової колони труб для компенсації витоків. Саме ця конструкція у подальшому була прийнята за основу при розробці установок електроприводних діафрагмових насосів (УЕДН).

У процесі стендових випробувань та підконтрольної експлуатації були отримані такі експлуатаційні характеристики насоса (рис.1) [12],[10].

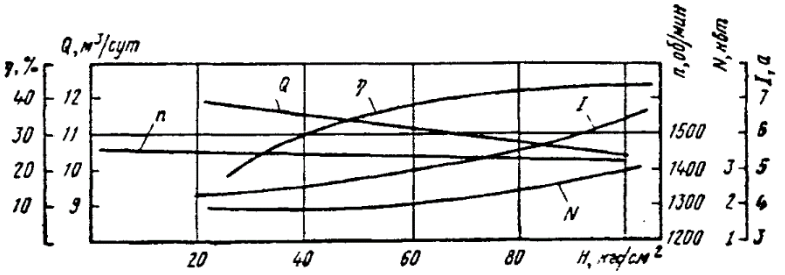


Рисунок 1 – Характеристика діафрагмового насоса

В даний час за ТУ 26-06-1464–86 серійно випускаються установки типу УЕДН5, призначені для видобування нафти з малодебітних свердловин із внутрішнім діаметром обсадної колони не менше ніж 121,7 мм.

Установка типу УЕДН5 за конструкцією аналогічна установкам електровідцентрових насосів типу УЕВН і включає:

– заглибний діафрагмовий електронасос типу ЕДН5;

– комплектний блок керування електронасосом і системою його захисту;

– кабельну лінію зі штекерною муфтою;

– пояси для кріплення кабельної лінії до насосно-компресорних труб, по яких електронасос спускається в свердловину;

– клапан для зливу рідини з труб перед підйомом електронасоса на поверхню.

Наземний трубопровід біля устя свердловини обладнаний електроконтактним манометром та зворотним клапаном [1].

У комплект поставки входять: установка, що постачається у вигляді складових частин згідно з табл. 1 для різних варіантів поставки (ВП00-ВП05) відповідно до замовлення; паспорт на встановлення; паспорт електродвигуна; посібник з експлуатації установки (1 екз. на партію до 5 установок та на кожну партію з 5 установок будь-яких типовиконань, що поставляються на одну адресу); технічний опис та інструкція з експлуатації електродвигуна (на партію до 5 установок та на кожну партію з 5 установок будь-яких типовиконань, що поставляються на одну адресу); монтажне креслення установки (для варіантів поставки ВП00 та ВП01);

паспорт, технічний опис та інструкція з експлуатації пристрою комплектного ШДН01-93У1 (для варіанта постачання ВП00 [8].

Таблиця 1 – Комплектність УЕДН

Назва складових частин	**ВП00**	**ВП01**	**ВП02**	**ВП03**	**ВП04**	**ВП05**
Електронасос типу ЕДН5	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Комплект запасних частин електродвигуна	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Комплект запасних частин	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**-**
Монтажна ручка	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**-**
Шламова трубка	**1**	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Шламова верхня трубка	**1**	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Зливний клапан	**1**	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Електроконтактний манометр	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**
Трубка манометра	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**
Устрій комплектний ШДН01-93У1	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

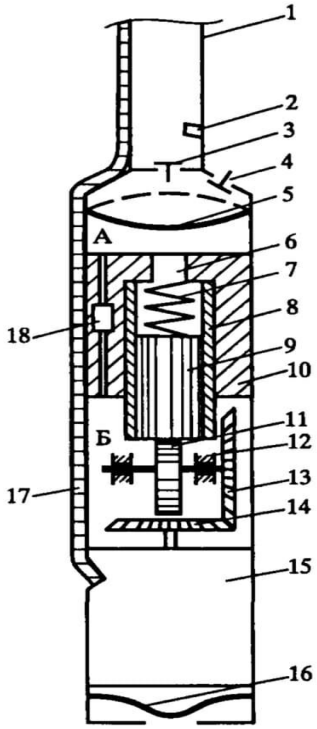
Схема заглибного агрегату представлена на рис. 2. Глибинний насос складається з двох частин: верхньої, в якій розміщена кругла діафрагма *5*, що ділить цю частину на наддіафрагмову порожнину і є, по суті, насосом з нагнітальним клапаном *3* і всмоктувальним клапаном *4*, і нижньої піддіафрагмової порожнини А. Порожнина А утворена діафрагмою *5*, а також парою «циліндр *8* - поршень *9*», які розміщені в корпусі *10*, у верхній частині якого є осьовий канал б, сполучений з камерою А. Зверху поршень підпружинений гвинтовою пружиною *7*. Між заглибним електродвигуном *15* і поршнем *9* є камера Б, також заповнена маслом. У нижній частині поршень *9* контактує з ексцентриком *11*, закріпленим на осі опорі *12*. На цій же осі закріплено зубчасте колесо *13*. Друге зубчасте колесо *14* закріплено на вихідному валу заглибного електродвигуна 15. Зубчасті колеса *13* і *14* утворюють кутову зубчасту передачу. У нижній частині заглибного двигуна є компенсаційна діафрагма *16*. Електродвигун, камери А і Б заповнені одним і тим же маслом. Камери А і Б можуть повідомлятись через спеціальний клапанний вузол *18*, розташований у корпусі *10*. Камера А має строго певний об'єм, а отже, і об'єм масла в ній. Витікання олії з камери А через зазор

«циліндр - поршень» в камеру Б призводять до відкриття клапанного вузла *18* і заповнення олії в камері А. Надлишки олії в камері А також скидаються в камеру Б клапанним вузлом *18*. Електричне живлення заглибного електродвигуна подається по кабелю *17*.

Насос працює в такий спосіб. Обертання валу двигуна приводить у дію кутову зубчасту передачу. Разом з обертанням зубчастого колеса *13* обертається ексцентрик *11*, приводячи в поворотно-поступальний рух поршень *9*, притиснутий до ексцентрика пружиною *7*. На схемі рис. 2.1 показано нижнє положення поршня. Так як об'єм камери А постійний, простір, звільнений поршнем в циліндрі, заповнюється маслом і діафрагма займає нижнє положення, що показане на рис. 2 [4].

За час руху поршня вниз тиск у наддіафрагмової порожнини знижується, нагнітальний клапан закривається, відкривається всмоктуючий клапан, і продукція свердловини надходить у наддіафрагмову порожнину. При ході поршня вгору тиск у камері А підвищується, що призводить до переміщення вгору та діафрагми [15].

Тиск у наддіафрагмової порожнини підвищується, всмоктуючий клапан *4* закривається, а нагнітальний клапан *3* відкривається; рідина з наддіафрагмової порожнини витісняється в колону НКТ. Зміна об'єму камери Б при русі поршня змінює об'єм масла в ній.



1 - колона НКТ; *2* - зливальний клапан; *3* - нагнітальний клапан; *4* - всмоктуючий клапан; *5* - діафрагма; *6* - осьовий канал; *7* - гвинтова пружина; *8* - циліндр; *9* - поршень; *10* - корпус; *11* - ексцентрик; *12* - опора; *13, 14* - зубчасті колеса; *15* - заглибний електродвигун; *16* - компенсаційна діафрагма; *17* - електричний кабель; *18* - спеціальний клапанний вузол

Рисунок 2 – Принципова схема заглибного агрегату діафрагмової насосної установки [14]

Для кріплення захисної сітки та плоского кабелю передбачені спеціальні затискачі та накладки.

Для захисту нагнітального клапана від твердих частинок у конструкції насоса застосовані шламові труби, які з’єднуються між собою за допомогою конічної різьби. Після цього вони приєднуються до шламового патрубка електронасоса. Верхня труба зверху закривається конусом, що має радіальні отвори .

Рідина, що відкачується електронасосом, через нагнітальний клапан надходить у шламові труби та через радіальні отвори конуса викидається у

НКТ. Проходячи через шламові труби та НКТ, рідина додатково очищається від твердих частинок.

Для скидання рідини з колони НКТ під час підйому електронасоса зі свердловини використовується зливний клапан.

Для кріплення захисної сітки та плоского кабелю передбачено затиски та накладки. Для захисту нагнітального клапана від твердих частинок у конструкції насоса передбачено шламові труби, які з'єднуються між собою за допомогою конічної різьби. Потім їх з'єднують із шламовим патрубком електронасоса. Верхня труба зверху закрита конусом із радіальними отворами [10].

Відкачувана електронасосом рідина через нагнітальний клапан подається в шламові труби і через радіальні отвори конуса викидається в НКТ. Проходячи через шламові труби та НКТ, рідина очищається від твердих частинок.

Для зливу рідини з колони НКТ під час підйому електронасоса зі свердловини використовують зливний клапан.

Ці зміни компенсуються компенсаційною діафрагмою 16 [14].

Плоска діафрагма є найбільш простою та технологічною за формою. При використанні гідравлічного приводу легко визначається точка найбільшого прогину, що спрощує проєктування компенсаційних пристроїв. До недоліків цієї конструкції відноситься невелика гранично допустима величина прогину таких діафрагм, що ускладнює їх застосування в насосах, розрахованих на великі подачі (більше 20 м³/добу) .

Сильфонна діафрагма — цей тип діафрагм дозволяє змінювати об'єм діафрагмової камери у декілька разів (рис. 3). Крім того, величина та напрямок зміни її об'єму можуть легко контролюватися, що полегшує створення компенсуючих пристроїв для зміщення нейтрального положення діафрагми при гідравлічному приводі. До недоліків такої конструкції слід віднести порівняно великий «мертвий» об'єм, а також значні деформації матеріалу діафрагми у місцях перегинів гофр. Крім того, за певних умов діафрагми

сильфонного типу можуть втрачати стійкість і складатися не вздовж, а поперек. Такі діафрагми можуть бути рекомендовані для насосів із достатньо великою подачею (понад 20 м³/добу) [4].

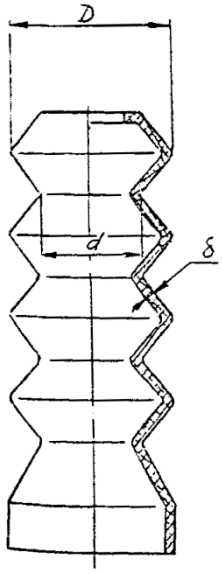


Рисунок 3 – Сильфонна діафрагма [4]

D – зовнішній діаметр;d – внутрішній діаметр;t – товщина оболонки.

Циліндрична діафрагма

Ці діафрагми також забезпечують можливість зміни об’єму діафрагмової камери у декілька разів, при цьому не виникають зони з високим рівнем деформацій (рис. 4). Крім того, циліндричні діафрагми є простішими за конструкцією порівняно із сильфон ними .

Однак при використанні циліндричних діафрагм складно визначити напрямок їх максимального прогину, що ускладнює проєктування пристроїв компенсації деформацій. Загалом застосування таких діафрагм є доцільним при проєктуванні насосів для отримання великих подач і тисків.

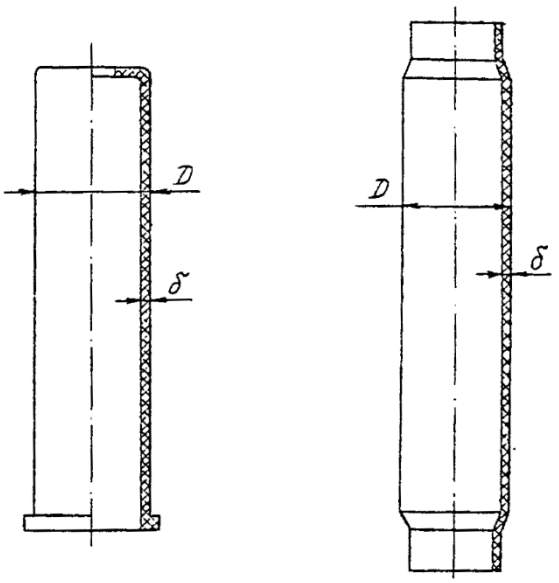


Рисунок 4 – Циліндричні діафрагми [4]
а – балонна діафрагма;б – рукавоподібна діафрагма.

Насоси також відрізняються за кількістю діафрагм. Кількість діафрагм залежить як від типу насоса – односторонньої чи двосторонньої дії, так і від особливостей його конструкції. З метою підвищення надійності насоса можуть встановлюватися подвійні діафрагми, щоб прорив однієї з них не вивів насос із ладу. Таким чином, кількість діафрагм визначається значною кількістю факторів. У нафтодобувній промисловості застосовують одно- та двохдіафрагменні насоси [4].

Діафрагми, що використовуються під час видобування нафти, виготовляються з еластичних матеріалів. Умови експлуатації висувають до матеріалу низку вимог. По-перше, матеріал повинен бути стійким до впливу нафти та пластової води, яка, як правило, має кислу реакцію. По-друге, матеріал повинен бути зносостійким до абразивної дії механічних домішок (часто з високою твердістю), що містяться у видобуваній рідині. По-третє, матеріал повинен витримувати велику кількість циклів навантаження. Як правило, для виготовлення діафрагм застосовують маслобензостійку гуму [10],[4].

Заглибний двигун має частоту обертання валу 1350-1500 обертів за хвилину. Кутова зубчаста передача знижує частоту обертання ексцентрика приблизно вдвічі; таким чином число подвійних ходів поршня становить приблизно 700 за хвилину при довжині ходу від 2,5 до 15 мм. Довжина ходу поршнів визначається подвоєним ексцентриситетом ексцентрика 11 [14].

Для роботи в нафтовій промисловості було запропоновано цілу низку конструкцій заглибних діафрагмових насосів. Нижче наведено опис кількох найбільш перспективних схем таких насосів для видобутку нафти. На рис. 5 показана схема заглибного об'ємного насоса з лінійним двигуном, гідромеханічним рекуператором енергії холостого ходу та роздільною діафрагмою. Ця схема була розроблена під двигун інституту електродинаміки НАН України.

Потужність двигуна становила 2,5 кВт, ККД - 25%, подача насоса - 2 м³/добу, напір - 1200 м [1].

Над лінійним двигуном 1 встановлений корпус діафрагмового насоса 2. Робочий орган 3 лінійного електродвигуна 1 з'єднаний з робочим циліндром 4, який має закритий нижній кінець. Робочий циліндр 4 одягнений на нерухомий порожнистий плунжер 5, у внутрішню порожнину якого вставлена змінна втулка 6. Внутрішній канал порожнистого плунжера 5 з'єднаний з нижньою частиною діафрагмової камери 7. Діафрагмова камера 7 розділена пласкою діафрагмою 8 на дві частини. Верхня частина діафрагмової камери 7 має канал 9, в який виходять всмоктувальний 10 та нагнітальний 11 клапани. Вхідне отвору всмоктувального клапана 10 закрите фільтруючою сіткою 12. Для використання енергії холостого ходу і зниження зусилля, що розвивається лінійним двигуном при робочому ході, у конструкції насоса передбачено рекуператор, що складається з допоміжного циліндра 13, поршень якого є робочий циліндр 4, кількох плунжерів 14, нижній торець яких з'єднаний гідроканалом 15 з допоміжним циліндром 13, та пружини стиснення 16.

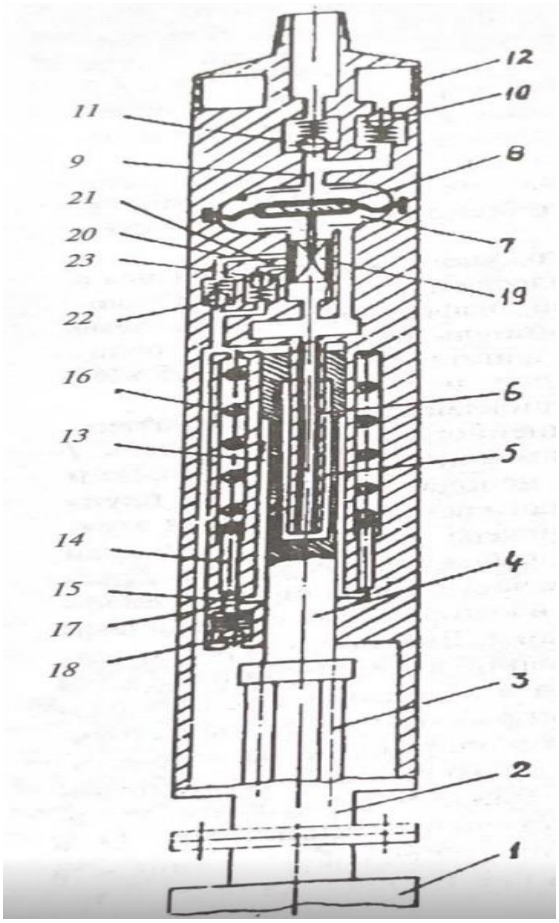


Рисунок 5 - Схема безштангового об’ємного насоса з лінійним двигуном, гідромеханічним рекуператором енергії холостого ходу та плоскою роздільною діафрагмою з гідравлічним приводом [8].

Для компенсації витоків робочої рідини із системи рекуперації її порожнина через канал 17, перекритого клапаном 18, з’єднана з внутрішньою порожниною електродвигуна 7. Для підтримання нейтрального положення діафрагми 8 у насосі 2 передбачений спеціальний механізм компенсації, що складається із золотника 19, з’єднаного штоком з центральною частиною діафрагми 8. Плунжер золотника 19 перекриває в нейтральному положенні верхній 20 і нижній 21 канали, які з’єднують порожнину під діафрагмою 8 з порожниною електродвигуна 7. У каналах 20 і 21 встановлені зворотні клапани 22 і 23 .

Насос працює таким чином. При увімкненні електродвигуна 7 його робочий орган 3 починає разом з робочим циліндром 4 переміщуватися вниз.

При цьому в робочому циліндрі 4 починає збільшуватися вільний об’єм, і робоча рідина через канал у порожнистому плунжері 5 починає перетікати в нього з діафрагмової камери 7. Діафрагма 8 опускається, всмоктувальний клапан 10 відкривається, і пластова рідина, пройшовши через фільтрувальну сітку 12, потрапляє у наддіафрагмову зону діафрагмової камери 7. Одночасно робоча рідина, витиснена робочим циліндром 4 із допоміжного циліндра 13, надходить під плунжери 14. Плунжери 14, висуваючись зі своїх пазів, стискають пружину 16. Відбувається цикл всмоктування .

При досягненні робочим органом 3 електродвигуна 1 нижньої точки відбувається реверс руху робочого органа 3. Робочий орган 3 електродвигуна 1 починає рух угору. На додаток до зусилля, що розвивається лінійним двигуном, вивільняється енергія стисненої пружини 16, яка починає переміщувати плунжери 14 вниз. Робоча рідина, витиснена з-під плунжерів 14, тисне на нижню кромку робочого циліндра 4. Таким чином, зусилля пружини 16 додається до зусилля електродвигуна 1. При переміщенні робочого циліндра вгору його внутрішній об’єм зменшується, і робоча рідина через канал у плунжері 5 надходить у діафрагмову камеру 7, викликаючи переміщення діафрагми 8 вгору. Об’єм наддіафрагмової зони діафрагмової камери 7 зменшується, нагнітальний клапан 11 відкривається, і пластова рідина надходить у колону насосно-компресорних труб. Відбувається цикл нагнітання. При цьому, якщо до кінця ходу через витоки робочої рідини із системи рекуперації плунжери 14 вже дійшли до нижнього положення, а робочий циліндр 4 продовжує рух вгору, то під ним у допоміжному циліндрі 13 виникає розрідження, клапан 18 відкривається, і робоча рідина з порожнини електродвигуна 1 надходить у систему рекуперації .

Контроль крайніх положень діафрагми 8 здійснюється таким чином. Якщо діафрагма 8 наприкінці циклу всмоктування має прогин, більший за максимально допустимий, плунжер золотника 19, переміщуючись вниз, відкриває верхній канал 20. Клапан 22 відкривається, і під діафрагму 8 надходить робоча рідина з порожнини електронасоса 1.

Якщо ж наприкінці циклу нагнітання діафрагма 8 отримує прогин, більший за максимально допустимий, то плунжер золотника 19, переміщуючись вгору, відкриває нижній канал 21. Клапан 23 відкривається, і надлишок рідини скидається в порожнину електродвигуна 1 [8].

Діафрагма відділяє внутрішні порожнини заглибного агрегату від перекачуваного середовища і запобігає потраплянню вільного газу в циліндр насоса, значно зменшуючи вплив шкідливого об'єму в насосі. Зміна подачі насоса здійснюється шляхом заміни змінної втулки 6 на іншу з більшою площею поперечного перерізу (для збільшення подачі) або з меншою (для зменшення). Оскільки Інститут електродинаміки НАН Уаїни не зміг довести надійність свого електродвигуна до потрібного рівня, роботи зі створення подібного насоса були призупинені. У зв'язку з викладеним нині в нафтовій промисловості застосовуються безштангові об'ємні насоси лише з роторним електродвигуном [4].

За кордоном основним розробником зазлибних діафрагмових насосів була німецька фірма Pleuger Underwasserpumpe GmbH. Їй належить понад десять патентів на свердловинні діафрагмові насоси різних типів.

Найбільш вдала конструкція наведена на рис. 6. Корпус насоса 1 з'єднаний з електродвигуном 2, вал якого обертає конічний редуктор 3. Конічний редуктор 3 перетворює обертання вала електродвигуна 2 на обертання горизонтального низькошвидкісного кулачкового вала 4. Кулачок набігає на штовхач 5, що одночасно слугує плунжером діафрагмового насоса [8].

Повернення штовхача 5 здійснюється за допомогою пружини 6. Контроль положення діафрагми здійснюється за допомогою золотникового пристрою 7, плунжер якого жорстко з'єднаний з діафрагмою 9, розташованою у робочій камері 8. Під час переміщення діафрагми 9 вище граничного положення відкривається канал 10, і надлишок оливи скидається в зливну лінію. При переміщенні діафрагми 9 нижче граничного положення вона лягає

на нижню стінку робочої камери 8, під нею утворюється розрідження, і через канал 11 робоча рідина зі зливної лінії надходить під діафрагму.

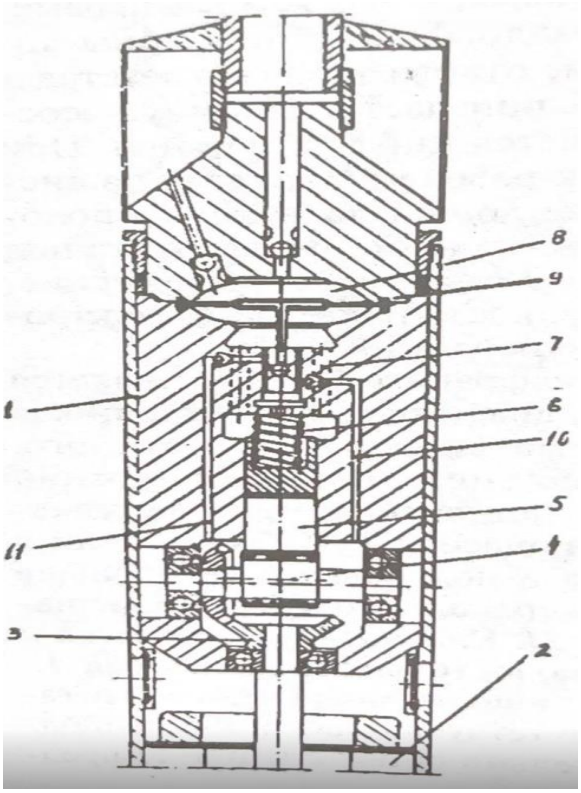


Рисунок 6 - Схема об’ємного безштангового насоса з роторним двигуном, механічною трансмісією та плоскою роздільною діафрагмою з гідравлічним приводом [8].

Найбільш вдала конструкція наведена на рис. 6. Корпус насоса 1 з’єднаний з електродвигуном 2, вал якого обертає конічний редуктор 3. Конічний редуктор 3 перетворює обертання вала електродвигуна 2 на обертання горизонтального низькошвидкісного кулачкового вала 4. Кулачок набігає на штовхач 5, що одночасно слугує плунжером діафрагмового насоса [8].

Наведений патент став основою для промислового випуску компанією Pleuger насоса з подачею 10 м³/добу, тиском 10 МПа та ККД 39,9%.

Недоліком цього насоса є необхідність спуску в свердловину додаткової колони труб для компенсації витоків робочої рідини. Крім того, використання

як робочої лише однієї поверхні поршня ускладнює створення насосів цього типу для видобутку нафти із середньодебітних свердловин [4].

Гідрозахист є одним з головних елементів заглибного агрегату. Він захищає електродвигун від попадання в нього пластової рідини. Для цієї мети гідрозахист створює всередині двигуна і в основі насоса при будь-якій глибині занурення агрегату в рідину тиск, що перевищує тиск навколишнього середовища. Гідрозахист також компенсує виток масла, температурні зміни об'єму масла в системі, а також забезпечує подачу масла до радіально-упорних підшипників насоса [12].

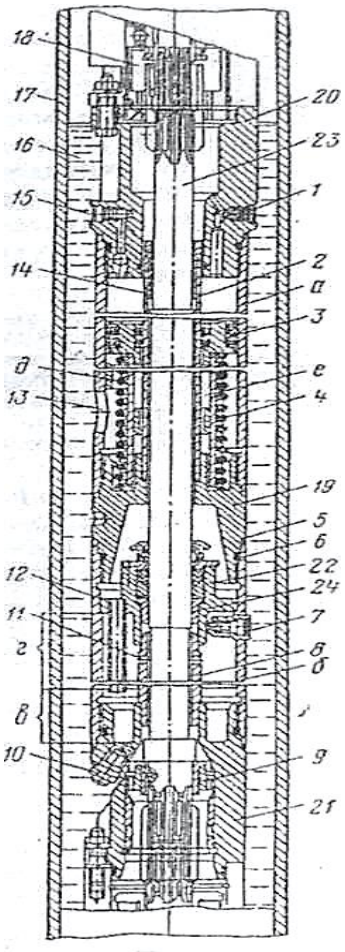


Рисунок 7 – Гідрозахист типу К [12]

Гідрозахист виготовляють двох видів: типу К та ГД.

Гідрозахист типу К складається з одного вузла - компенсатора (протектора). Її позначають наступними шифрами: К-103 - компенсатор двигуна з діаметром корпусу 103 мм; ГД-51 - гідрозахист (Г) з надлишковим

тиском (Д) для свердловини із внутрішнім діаметром обсадної колони не менше 121,7 мм (5), перша модифікація (1) [12].

Гідрозахист типу К (рис. 7) складається з корпуса 10 камери рідкого масла, з'єднаних між собою ніпелем 19. Камера густого масла знаходиться у верхній частині протектора і обмежується знизу поршнем 3, а зверху - головкою 20. Камера рідкого масла знаходиться в нижній частині протектора і утворюється основою 21 та корпусом сальника 22. Вал протектора 23 має з обох кінців шліци для з'єднання з валами насоса і двигуна .

Вал протектора обертається у трьох підшипниках, з яких верхній 14 та середній 24 є радіальними, а нижній підшипник 9 працює як радіально-упорний. Через отвір 13 у камері густого масла порожнина під поршнем повідомляється з навколишнім середовищем. У верхню частину протектора через зворотний клапан 15 закачується густе масло. При заповненні камери густим маслом тиск через поршень передається на пружину 4, стискаючи і створюючи надлишковий тиск в камері густого масла від 0,1 до 2,0 кгс/см2. Нижня частина протектора через зворотний клапан 10 заповнюється спеціальним рідким маслом, яке через отвір 11 у втулці 8, зазор між валом і цією втулкою і далі через отвір у радіально-упорному підшипнику повідомляється із заповненою тим самим маслом порожниною занурюваного електродвигуна .

Після складання занурюваного агрегату на гирлі свердловини відкривається перепускний клапан 1, густе масло заповнює порожнину шарикових підшипників в основі насоса і створює тиск сальник насоса. З іншого боку, через зазор між валом протектора і патрубком, тиск густого масла передається в камеру роздільника – сальника і далі по трубці 12 в нижню частину протектора [12].

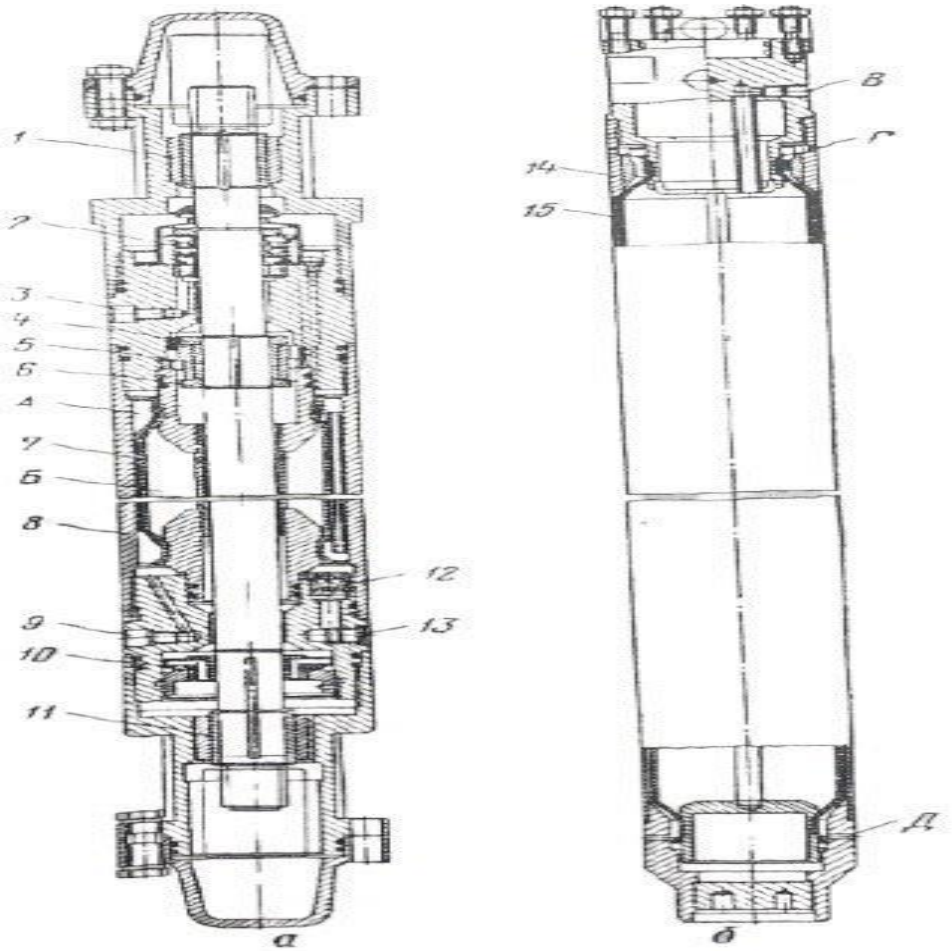
Завдяки пружині в протекторі тиск масла в порожнині двигуна, в самому протекторі та в основі насоса при будь якому зануренні агрегату в рідину буде вище тиску навколишнього середовища на величину, відповідну тиску, що розвивається пружиною, що запобігає попаданню пластової рідини в

порожнину електродвигуна протектора і насоса при порушенні їх герметичності [4].

Технічна характеристика гідрозахисту типу К наступна [12]:

Діаметр протектора, мм……	92	110	114
Об'єм верхньої камери, $см^3$ ……...2,4		4,0	4,5
Тиск масла в камері, $кгс/см^2$			
початкове……2,0		2,0	2,0
кінцеве……	0,18	0,18	0,18
Довжина ходу поршня, мм……...596		655	600
Довжина протектора, мм……1560		1852	1705

а - протектор; *б* - компенсатор; *1, 5, 11* - підшипники; *2* - торцеве



ущільнення; 3, *9, 13* - пробки; *4, 7* - п'яти; *10* - лопатеве колесо; *12* - клапан; *14* - кожух компенсатора, *15* - діафрагма компенсатора

Рисунок 8 – Гідрозахист типу ГД [4]

Гідрозахист типу ГД (рис. 8 , *а*, *б*) складається х двох вузлів: протектора, що захищає порожнину двигуна від попадання пластичної рідини та компенсатора, що компенсує витік через торцеве ущільнення рідкого масла та температурні зміни об'єму масла в системі «двигун-гідрозахист»[4].

Гідрозахист ГД застосовується в установках з насосами, що мають в основі радіально-упорний підшипник і набивне ущільнення[4].

Протектор гідрозахисту ГД установлюється між насосом і двигуном. Компенсатор приєднується до нижньої частини двигуна за допомогою перекладача.

Технічна характеристика гідрозахисту типу ГД наступна [4].

	ГД51	ГД61
Робочий об'єм густого масла, дм3	2,8	4
Робочий об'єм рідкого масла, дм3	4,5	7
Потужність, що споживається протектором, не більше, кВт	0,2-0,3	0,2-0,3
Потужність, що передається не більше, кВт	100	100
Габарити протектора, мм:		
діаметр	92	114
довжина	1307	1243
Маса протектора, кг	42	47,1
Маса компенсатора, кг	15,4	26,5
Температура рідини не більше, ℃	80	80

Протектор (рис. 8 , *а*) складається з двох камер А і Б. Камери А і Б поділяються між собою еластичним елементом (гумовою діафрагмою 7) та торцевим ущільненням 2. Камера А захищена від проникнення пластової рідини по валу набивним ущільненням, розташованим у насосі, та заповнюється густим маслом. Надлишковий тиск в протекторі створюється лопатевим колесом 10. Вал протектора розміщений в трьох підшипниках ковзання 1, 5 і 11 і зафіксований в осьовому напрямку за допомогою п'ят 4 і 6. Компенсатор (рис. 8 , б) складається з камери, утвореної еластичним

елементом (гумовою діафрагмою 15) і заповнений рідким маслом. Діафрагма поміщена в сталевому кожусі 14, що захищає її від пошкоджень. Масло заправляють через отвір В. Порожнина за гумовою діафрагмою сумісна зі свердловиною отворами Г і Д[4], [2].

Позначення установки УЕДН5-6,3-1500 ВП 05-1,6 ТУ-26-06-1464-86 розшифровується наступним чином: У – установка;ЕДН5-6,3-1500 – типорозмір електронасоса; Е – привід від заглибного електродвигуна; Д – діафрагмовий; Н – насос; 5 – номер групи електронасоса для використання у свердловинах із внутрішнім діаметром колони обсадних труб не менше 121,7 мм; 6,3 – подача, м³/сут; 1500 – напір, що розвиває електронасос, м; ВП 05 – варіант поставки; 1,6 – верхній межа вимірювання манометра електроконтактного, МПа [15].

Кліматичне виконання та категорія розміщення за ГОСТ 15150-99: зовнішніх частин – У1, заглибних – В5. Система, в якій встановлений електронасос, повинна забезпечувати неможливість експлуатації електронасоса з робочим тиском вище від номінального. Установка типу УЕДН5 відповідає вимогам ТУ 3665-007-00220440-93 [15].

Показники призначення за середовищем, що перекачуються: вміст пластової води - в будь-якій пропорції максимальний об'ємний вміст попутного нафтового газу при прийомі насоса, % - 10 максимальна масова концентрація твердих частинок, % (г/л) - 0,2 (2) водневий показник попутної води pH - 6-8,5 максимальна масова концентрація сірководню, % (г/л) - 0,001 (0,01) Робочий діапазон зміни температури середовища, що перекачується, °С - 5-90 Максимальна кліматична в'язкість однофазної рідини, при якій забезпечується робота насоса без зміни ККД, мм^2/с - 1 Підпір електронасоса при експлуатації, кгс/см2 (МПа), не більше - 250 (25) Параметри живлення електродвигунів: номінальна напруга, В - 380 номінальна частота струму, Гц – 50

При замовленні вказується позначення варіанту поставки та верхня межа вимірювання електроконтактного манометра в МПа із ряду: 1; 1,6; 2,5[4].

До установок будь-яких типорозмірів постачаються групові комплекти: запасних частин для проведення середнього та капітального ремонту (один комплект на п’ять установок);змінних плунжерних пар, що забезпечують отримання різних значень подачі насоса (див. табл. 1); монтажних частин, інструменту та приладдя [2].

Установки працюють від мережі змінного струму напругою 380 В при частоті 50 Гц.

Установки типу УЕДН5 призначені для перекачування пластової середовища, що складається з суміші нафти, води та газу. Вміст пластової води у перекачуваному середовищі не обмежується. Максимальний масовий вміст твердих частинок – 0,2%**;** максимальний об’ємний вміст нафтового газу на вході насоса – 10%; водневий показник пластової води – pH 6,0–8,5; максимальна концентрація сірководню – 0,01 г/л.

Недоліками ШСНУ та УЕВН є складність в обслуговуванні, нестійкість у роботі під час видобутку рідини з високим вмістом механічних домішок і газу, а також низький рівень надійності під час роботи в кущових свердловинах. З метою усунення зазначених недоліків, а також для розв’язання проблеми відкачування рідини підвищеної в’язкості були запропоновані установки гвинтових насосів, що мають низку переваг порівняно з насосами інших типів.

У порівнянні з УЕВН, під час експлуатації УВН спостерігається значно менше перемішування перекачуваної рідини, що запобігає утворенню стійких емульсій з нафти та води. Відсутність клапанів і складних проходів визначає простоту конструкції та зменшує гідравлічні втрати. Насоси мають підвищену надійність (особливо під час відкачування рідин з механічними домішками) завдяки мінімальній кількості рухомих деталей, простоті виготовлення й експлуатації, а також більшій економічності [10].

Під час перекачування рідин підвищеної в’язкості зменшуються перетоки через ущільнювальну контактну лінію між гвинтом і обоймою, що покращує характеристику насоса. Завдяки нечутливості до вільного газу гвинтові насоси є ідеальними для перекачування високогазованих нафт. Вони є більш

зносостійкими під час видобутку нафти, що містить механічні домішки, оскільки тверді частинки, проходячи крізь насос, вдавлюються в еластомер обойми (статора), який деформується, але не стирається [4],[10].

Таблиця 2 Технічна характеристика насосу типу ЕДН-6,3-1500

Типовик онання	По дача, м3/доба	Т иск кгс/см2 (МПа)	Поту жність кВт,н е більше	Діаме тр,мм	Довжи на,мм	Ма са,кг
ЕДН5-6,3-1500	6,3	15 0(15)	3	117	2700	125

Загальний вид електронасосної установки типу УЕДН5 представлено на рис. 9 Загальний вид установки заглибних діафрагмових електронасосів У типу ЕДН5 Гарантійний термін служби встановлення - 1 рік з дня введення в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання - 1,5 роки при напрацюванні, що не перевищує 5000 год. Порядок обчислення гарантії згідно з ГОСТ 22352-87.

Установка типу УЕДН5 (рис. 9) включає: заглибний діафрагмовий електронасос типу ЕДН5 1 з електродвигуном; зливний клапан 2 для зливу рідини з колонки насосно-компресорної труби під час підйому електронасоса зі свердловини; насосно-компресорну трубу 3; струмопровідний кабель 4; пояси для кріплення кабелю 5; електроконтактний манометр 6; зворотний клапан 7; комплектний пристрій ШДН01-93У1 8 для контролю, керування та захисту електронасосу [10].

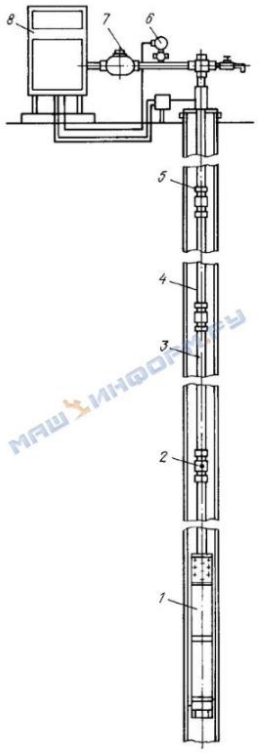


Рисунок 9 – Установка типу УЕДН5

Загальний вид установки заглибних діафрагмових електронасосів У типу ЕДН5 Гарантійний термін служби встановлення - 1 рік з дня введення в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання - 1,5 роки при напрацюванні, що не перевищує 5000 год. Порядок обчислення гарантії згідно з ГОСТ 22352-87.

Електронасос ЕДН5 (рис. 10) виконаний у вигляді вертикального моноблока, складається з чотириполюсного асинхронного електродвигуна, конічного редуктора, плунжерного насоса з ексцентриковим приводом і пружиною зворотної [4],[10].

Вузли насоса розташовані в загальній камері, заповненій олією і герметично ізольованою від середовища, що перекачується гумовою діафрагмою і компенсатором, що забезпечує малий знос основних вузлів, що працюють в чистій олії.

У частині електронасоса розташований уніфікований струмопровід, в корпусі якого розташована розетка для з'єднання з роз'ємом кабельною лінією.

Електронасос заповнюється олією і постачається повністю підготовленим для спуску у свердловину [8].

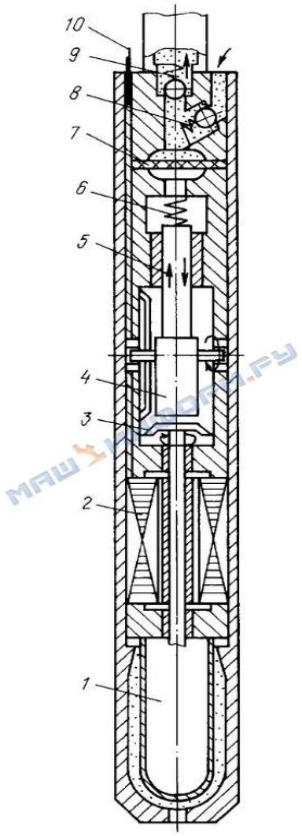


Рисунок 10 - Електронасос ЕДН5

1 – компенсатор; 2 – електродвигун; 3 – редуктор; 4 – ексцентриковий привід; 5 – плунжерний насос; 6 – зворотна пружина; 7 – гумова діафрагма; 8 – всмоктувальний клапан; 9 – нагнітальний клапан; 10 – струмопровід [10]

З'єднання кабельної лінії з електронасосом здійснюється кабельною муфтою з кабелем довжиною 25 м, що складається з окремих циліндричних муфт, які встановлені на жилах плоского кабелю і забезпечують з'єднання з роздільними струмопроводами електронасоса.

Для контролю тиску в трубопроводі біля гирла свердловини та автоматичного відключення електронасоса при верхньому або нижньому встановлених значеннях тиску передбачений електроконтактний манометр,

з'єднаний з трубопроводом спеціальною трубкою, що здійснює також захист манометра від впливу середовища, що перекачується [15].

Для захисту нагнітального клапана електронасоса від осаду твердих частинок, що надходять з рідиною, що відкачується, призначені труба шламова і труба шламова верхня. Від попадання великих частинок газогенератор і клапан, що всмоктує, оберігаються сіткою.

Комплектний пристрій складається з модульної шафи із захисним покриттям з розташованим усередині комутаційним пристроєм силового ланцюга, блоку управління, елементів, що забезпечують включення, контроль та захист електронасосної установки [10].

Пристрій вимикає установку при [4]:

– КЗ у силовому ланцюзі;

– перевантаження по струму будь-якої з фаз електродвигуна з вибором максимального струму фази та забороною повторного автоматичного включення;

– недовантаження електродвигуна по струму при зриві подачі електронасоса з витримкою часу спрацьовування захисту трохи більше 45 з;

– асиметрії струму в ланцюгах електродвигуна понад 15%;

– зниження напруги мережі живлення нижче 0,75Uном з автоматичним повторним включенням при відновленні напруги до 0,85Uном;

– відхилення (зниження або підвищення) тиску в нафтопроводі від номінального значення (за сигналами контактного манометра);

– несправності заглибної частини установки;

– зниження опору ізоляції системи кабель заглибний електродвигун.

Режими керування: ручний, автоматичний, автоматичний за заданою програмою, дистанційний.

При використанні комплектного пристрою ЩДН01-93У1 підвищується надійність та економічність експлуатації електронасоса.

Таблиця 3

Установка	Подача, м³/сут, не менше	Тиск, МПа	Потужність, кВт, не більше	ККД, %, не менше	Підпір, м	Середній струм, А
УЕДН5-4-17	4	17	2,2	35	10	9
УЕДН5-6,3-15	6,3	15	2,45	38	10	9
УЕДН5-8-11	8	11	2,6	38	10	9,2
УЕДН5-10-10	10	10	2,8	40	10	9,5
УЕДН6-12,5-8	12,5	8	2,85	40	15	9,6
УЕДН5-16-6,5	16	6,5	2,85	40	20	9,6

Робочий діапазон зміни температури – від 5 до 90 °С. Заглибний діафрагмовий електронасос опускається в свердловину на насосно-компресорних трубах за ГОСТ 633-80 з умовним діаметром 42, 48 або 60 мм. Для збільшення об’єму кільцевої шламової камери у шламових трубах перша труба над електронасосом повинна мати діаметр 60 мм. Між першою та другою трубами встановлюється зливний клапан [12].

Кабельна лінія, по якій подається електроенергія до електронасоса, кріпиться до труб поясами під час опускання; на поверхні свердловини вона з’єднується з комплектним пристроєм або з роз’єднувальною коробкою системи електрообладнання, що запобігає потраплянню нафтового газу до комплектного пристрою через кабель.

На поверхні свердловини розташовується гирлове обладнання, конструкція якого обирається споживачем установки залежно від умов експлуатації. Гирлове обладнання з’єднується спеціальним відводом із наземним трубопроводом. Електроконтактний манометр під’єднується

трубкою манометра до відводу, а сигнальним проводом – до комплектного пристрою. Для запобігання зворотного руху відкачуваної рідини з наземного трубопроводу у НКТ відвід оснащується зворотним клапаном.

Насосно-компресорні труби, гирлове обладнання, відвідний трубопровід та зворотний клапан не входять до комплекту поставки установки типу УЕДН5; їх обирає та закуповує споживач установки залежно від умов експлуатації свердловини [5].

Габаритні розміри установок типу УЕДН5: діаметр – 117 мм, довжина – 2700 мм. Маса установки – до 1377 кг.

Установки та електронасоси різних типорозмірів повністю уніфіковані та відрізняються лише перетином і довжиною круглої кабельної лінії, а також робочим діаметром змінної плунжерної пари, що входить до складу плунжерного насоса[8].

Електронасос заповнюється маслом і випробовується на заводі. На усті свердловини він надходить повністю підготовленим до спуску. Під час монтажу електронасоса на усті свердловини з токовводів знімаються транспортні кришки та під’єднується муфта кабеля .

Перед монтажем установки заглибного електронасоса необхідно ретельно підготувати свердловину до її експлуатації. Насамперед проводять її промивання, тобто очищують вибій від піщаної пробки та можливих сторонніх предметів. Перед спуском заглибного агрегату перевіряють обсадну колону від гирла до глибини, що перевищує глибину спуску агрегату на 100–150 м, спеціальним шаблоном, діаметр якого дещо перевищує максимальний діаметр заглибного агрегату. Також необхідно перевірити кривизну експлуатаційної колони до глибини спуску заглибного електронасоса. Слід враховувати, що конструктивне виконання заглибних електронасосів допускає темп набору кривизни стовбура свердловини не більше 20° на 10 метрів, а в зоні роботи заглибного електронасоса кривизна повинна бути не більше 30° на 10 метрів [3].

Перед спуском агрегата у свердловину для полегшення його збирання та збереження цілісності кабелю ретельно центрують вишку або щоглу відносно гирла свердловини [15].

Перед монтажем установки проводять лінію електропередачі напругою 380 В від силового трансформатора до свердловини, перевіряють довжину кабельної лінії за маркуванням на барабані, при цьому слід пересвідчитись, що вона відповідає заданій глибині розміщення заглибного електронасоса у свердловині. Потім вимірюють опір ізоляції між штекером будь-якого струмовводу і корпусом електронасоса мегомметром на напругу 500 В. Опір ізоляції електронасоса відносно корпуса повинен становити не менше 100 МОм при температурі 20°С. Опір ізоляції кабельної лінії, виміряний між жилами та між кожною жилої і бронею, повинен бути не менше 300 МОм/км при 20°С [3], [15].

Перед доставкою заглибного діафрагмового насоса на свердловину ретельно оглядають і перевіряють усе обладнання згідно з інструкцією з експлуатації.

В електродвигуні необхідно перевірити опір ізоляції обмотки статора при температурі 20 ± 5°С мегомметром на 500 або 1000 В – опір повинен перевищувати 100 МОм. Перевіряють пробивну напругу трансформаторного масла, яким заповнюється двигун: вона повинна бути ≥ 20 кВ, а також герметичність двигуна і вільне обертання вала. Вал має обертатися без заїдань при прикладенні крутного моменту ≤ 0,1 Н·м [10].

Станцію управління випробовують на холостому ходу з перевіркою ексцентрикового з’єднання апаратів та їх працездатності.

Для спуско-підйомних операцій застосовують механізований кабельний барабан. Його встановлюють не ближче 15–17 м від гирла свердловини в полі зору машиніста. Вісь барабана повинна бути перпендикулярною лінії, що з’єднує центр барабана та гирло свердловини. Кабель, що йде у свердловину, повинен спускатися з верхньої частини барабана. Кабель кріплять до труб поясами на відстані 200–250 мм від верхнього та нижнього торця муфти

кожної труби і заповнюють спущені труби будь-якою чистою рідиною, що забезпечує видалення повітря з труб. Спуск електронасоса у свердловину без заповнення рідиною перших трьох труб не допускається, оскільки це може призвести до забруднення всмоктувального клапана електронасоса. Об'єм рідини для заповнення трьох труб становить 50–60 метрів. Протягом 2–3 хвилин спостерігають за рівнем рідини в муфті верхньої труби. Необхідно пересвідчитись у герметичності зібраних з'єднань [12].

Заглибне обладнання монтують на гирлі свердловини безпосередньо перед спуском. Необхідно ретельно збирати агрегат при дотриманні максимальної чистоти. Місця встановлення клапанів, пробок, шламових трубок та ущільнювальних кришок повинні бути повністю очищені від бруду та пилу і насухо витерті. При атмосферних опадах виконувати монтаж категорично забороняється через потрапляння бруду та вологи в агрегат [3].

Установки діафрагмових насосів монтують у такій послідовності [1]:

– Підіймають електронасос за допомогою трубного елеватора і талевої системи агрегату підземного ремонту над гирлом свердловини, опускають його в отвір п'єдесталу до посадки рукояток на верхню плиту п'єдесталу.

– Знімають по черзі всі кришки струмовводів, ретельно оглядають їх і у разі пошкоджень замінюють гумові ущільнювальні елементи струмовводів.

– Знімають транспортні кришки зі струмовводів електронасоса, приєднують до них плоский кабель через кабельну муфту. Слід запобігати пошкодженню кабельної муфти та уникати різких (радіусом менше 0,4 м) перегинів кабелю. Кабель закріплюють за допомогою поясів і вкладають вільний кінець кабельної лінії до барабана.

– Далі угвинчують шламову трубу в муфту шламової труби з прикладанням крутного моменту не менше 50 Н·м. Необхідно використовувати графітове мастило як при згвинчуванні шламових труб, так і при встановленні зливного клапана в НКТ. Загальну довжину шламової труби

обирають залежно від концентрації твердих частинок у відкачуваній рідині. За їх незначного вмісту можна застосовувати тільки верхню шламову трубу.

– Кабель кріплять до труб поясами на відстані 200–250 мм від верхнього та нижнього торця муфти кожної труби і заповнюють спущені труби будь-якою чистою рідиною, що забезпечує витіснення повітря з труб.

– Спуск електронасоса у свердловину без заповнення рідиною перших трьох труб не допускається, оскільки це може спричинити засмічення всмоктувального клапана електронасоса. Об’єм рідини для заповнення трьох труб становить 50–60 метрів.

– Протягом 2–3 хвилин спостерігають за рівнем рідини в муфті верхньої труби. Необхідно пересвідчитись у герметичності зібраних з’єднань.

Під час згвинчування НКТ необхідно стежити, щоб підвішена в свердловині колона не проверталась, оскільки кабель, намотаний навколо труб, збільшує загальний діаметральний розмір зануреної частини установки і під час спуску може отримати механічні пошкодження.

Швидкість спуску-підйому агрегату не повинна перевищувати 0,25 м/с. При його спуску необхідно періодично (кожні 300 м) вимірювати опір ізоляції двигуна разом з кабелем і слідкувати за його зміною. У разі різкого зниження опору ізоляції спуск агрегату необхідно припинити. Мінімально допустимий опір ізоляції всієї установки після спуску агрегату в свердловину – 10 МОм.

Монтаж завершують установкою обладнання гирла свердловини, яке забезпечує підключення трубопроводів для відбору пластової рідини; установкою на викидному трубопроводі манометра, засувки та крана для відбору проб рідини; ущільненням кабелю у прохідному отворі устяної головки (у разі газових проявів); вимірюванням динамічного рівня[3].

Діафрагмові насоси спускають у свердловину на трубах НКТ, а також на кабелі-канаті (рис. 11).

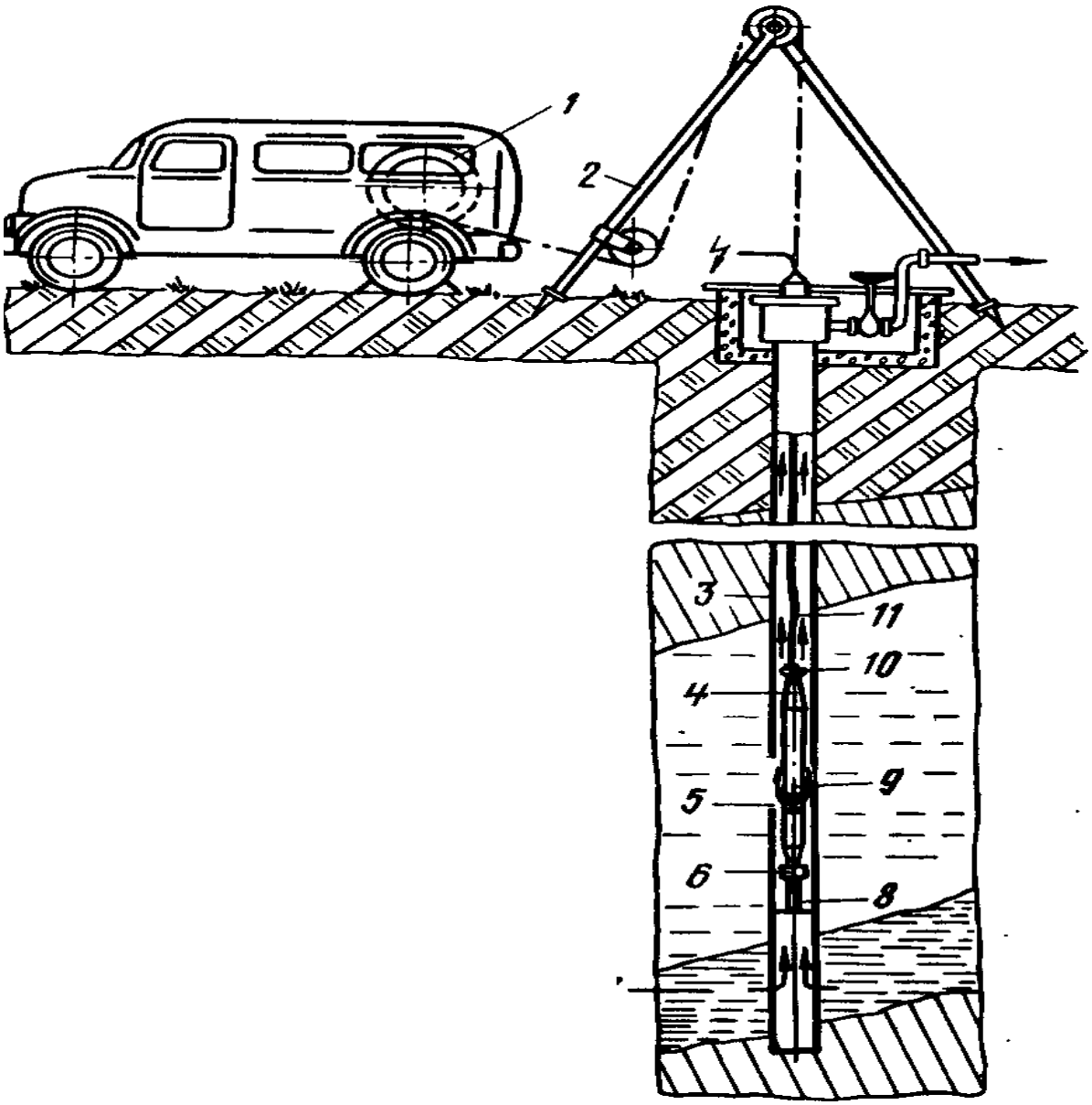


Рисунок 11 - Схема застосування заглибного діафрагмового електронасоса на кабелі-канаті [3]

Такий спосіб спуску передбачає відкачування рідини безпосередньо по обсадній колоні. Монтаж насосного агрегату на кабель-канаті здійснюється з автомашини за допомогою лебідки 1 та щогли 2. У верхній частині електронасоса 9 встановлена спеціальна головка 4 для з'єднання з кабель-канатом 11, яка включає запобіжник і ловильну головку (що використовується при обриві кабель-каната), а також центрувальний пристрій 10. У нижній частині електронасос обладнаний сідлом 6 для посадки в пакер 8, закріплений в обсадній трубі 3 та розташований у колоні над пластом 7. Відкачувана рідина

викидається через вікна 5 у кільцевий простір біля електронасоса 9 і піднімається на поверхню по трубах 3 [3].

Застосування електронасоса такої конструкції в цілому сприяє скороченню витрат на спуско-підіймальні операції. Однак використання спеціального кабель-каната пов’язане з певними труднощами, що виникають під час його ремонту через складність конструкції .

Для приводу заглибних діафрагмових електронасосів типу ЕДН5 усіх типорозмірів використовується заглибний асинхронний чотириполюсний електродвигун типу ПЕДД 2,5-117/4В5. Електродвигун виконаний у вигляді окремого блока, що створює ряд переваг при його виготовленні, заводських випробуваннях, постачанні споживачам і ремонті, а також при складанні з насосом [12].

Електродвигуни типу ПЕДД 2,5-117/4В5 виготовляються за технічними умовами ТУ 16-652.016-85[12].

Технічна характеристика:

- Потужність, кВт …… 2,5
- Лінійна напруга, В …… 350
- Струм, А …… 7,9
- Ковзання, % …… 7
- ККД, % …… 75
- Зовнішній діаметр, мм …… 117
- Довжина, мм …… 1370
- Маса, кг …… 80

Для керування заглибними діафрагмовими електронасосами типу ЕДН5 та їх захисту від пошкоджень при аномальних умовах експлуатації призначений комплектний пристрій типу Ш5103-3277У1[14].

Пристрій випускається за технічними умовами ТУ 16-656.109-86 і призначений для заглибних електродвигунів потужністю 2,5 та 5,5 кВт. Випускається у кліматичному виконанні У (помірний клімат) для категорії

розміщення 1 (відкрита установка, під навісом), при цьому температура навколишнього повітря повинна бути не нижче 4 °С.

Цей пристрій є складовою частиною установок заглибних діафрагмових електронасосів типу УЕДН5 та установок заглибних гвинтових електронасосів типу УЕВНТ5 [14].

Комплектний пристрій Ш5103-3277У1 забезпечує наступні функції керування: [13]

– вмикання та вимикання у ручному або автоматичному режимі роботи;

– автоматичне вмикання з регульованою витримкою часу від 2,5 до 60 хв при подачі напруги живлення після відключення;

– автоматичне повторне включення після відключення захистом від перевантаження з регульованою витримкою часу від 3 до 1200 хв;

– можливість вибору режиму роботи з автоматичним повторним включенням після спрацювання захисту від недовантаження або без автоматичного повторного включення;

– блокування запам’ятовування спрацювання захисту від перевантаження при відхиленні напруги у мережі вище 10 % або нижче 15 % від номінального значення з автоматичним самозапуском при відновленні напруги живлення;

– різновчасність включення кількох установок, підключених до одного живильного фідера, що забезпечується різними установками часу автоматичного включення у зазначених вище межах;

– автоматичне вмикання або вимикання залежно від значення тиску у наземному трубопроводі за сигналом електроконтактного манометра;

– можливість керування з диспетчерського пункту. Пристрій забезпечує наступні функції захисту:від коротких замикань у силовому колі напругою 380 В;від перевантаження по струму будь-якої фази з вибором максимального струму фази;

– від недовантаження по струму при зриві подачі електронасоса;

– від зниження напруги живлення;

– від включення після спрацювання захисту від перевантаження.

Пристрій забезпечує також:[13]

– безперервний контроль замикання на землю силового кола;

– контроль струму в одній з фаз;

– сигналізацію стану з розшифровкою причини відключення;

– зовнішню миготливу світлову сигналізацію про аварійне відключення;

– можливість налаштування приладів захисту на місці експлуатації (вибір робочої зони).

Пристрій виконаний у металевому шафовому корпусі одностороннього обслуговування з передніми та додатковими дверцятами для захисту лицьових частин приладів і апаратів від впливу зовнішнього середовища [15].

Габарити пристрою: висота (з підставкою та верхньою лампою) – 1600 мм, ширина – 675 мм, глибина – 560 мм, маса – 125 ± 10 кг.

У разі замовлення установок типу УЕДН5 за варіантом постачання ВП 05 вони комплектуються системою електрообладнання, що включає комплектний пристрій типу Ш5103-3277У1, дообладнаний спеціальним блокатором, та роз'єднувальну коробку, також обладнану блокіратором[8].

Зазначена система забезпечує захист комплектного пристрою від потрапляння в нього нафтового газу, який може надходити зі свердловини по кабельній лінії (між жилою та ізоляцією), та дозволяє встановлювати пристрій на різній відстані від устя свердловини.

Блокіратори комплектного пристрою та роз'єднувальної коробки забезпечують захист технічного персоналу від напруги мережі.

Діафрагмові насоси за принципом роботи належать до об'ємних насосів. Конструктивною особливістю цих насосів є те, що діафрагма служить робочим органом і одночасно герметично розділяє гідравлічну та механіко-електричну частини насоса. Таким чином, перекачувальна рідина, проходячи через всмоктувальний і нагнітальний клапани, не контактує з іншими рухомими деталями насоса та його приводу. Саме це визначає специфічну область застосування таких насосів. Вони призначені для відбору агресивних пластових рідин або рідин зі значним вмістом механічних домішок[4].

За принципом дії діафрагмовий насос порівнянний з поршневим насосом, оскільки робочий процес здійснюється шляхом всмоктування та нагнітання перекачувальної рідини через всмоктувальний та нагнітальний клапанні вузли.

Заглибні діафрагмові насоси різних типів можна класифікувати за низкою ознак [4], [2]:

1. За способом приведення діафрагми в зворотно-поступальний рух:
а) механічний привід;
б) гідравлічний привід.

2. За конструкцією діафрагми:
а) плоска;
б) циліндрична;
в) сильфонна.

3. За видом енергії, що подається до насоса з поверхні:
а)електрична;
б) гідравлічна.

4. За видом заглибного електроприводу, що перетворює подану електроенергію на енергію виконавчого органу:
а) електродвигун;
б) електромагнітний привід.

5. За видом перетворювача обертального руху вала електродвигуна на зворотно-поступальний рух діафрагми:
а) механічний перетворювач, що містить, наприклад, конічний редуктор і плунжерний насос з ексцентриковим приводом плунжера;
б) гідравлічний перетворювач, що включає, наприклад, силовий роторний насос і систему гідророзподільників, які перетворюють напрямок постійного потоку робочого середовища від силового насоса в зворотно-поступальні гідравлічні імпульси.

6. За кількістю діафрагм: одна, дві та більше.

У діафрагмових насосах з механічним приводом діафрагми є толкатель, який жорстко впливає на діафрагму. Під час нагнітального ходу діафрагма

зазнає механічних навантажень від опору перекачувальної середовища; при цьому з зовнішнього боку на діафрагму діє тиск, рівний тиску, створюваному насосом. При великих тисках ці механічні навантаження зростають, що різко скорочує термін служби діафрагми. Через це при механічному приводі діафрагми параметри насоса зазвичай обмежуються терміном її служби [4].

У насосах з гідравлічним приводом діафрагми між нею та виконавчим органом насоса знаходиться рідке робоче середовище. Під час роботи насоса під дією виконавчих органів у робочому середовищі виникають зворотно-поступальні імпульси, які гідравлічно впливають на діафрагму, а через неї — на перекачувальну середу. При цьому діафрагма є лише «розділовим» органом, що відокремлює робоче середовище та виконавчі органи насоса від перекачувальної середовища, і тиск середовищ з обох сторін практично однаковий. Якщо відхилення діафрагми від нейтрального положення вибране так, що розтягувальні напруження в матеріалі діафрагми незначні, то працездатність діафрагми та її термін служби визначаються межею витривалості матеріалу при багаторазовому згині у місці кріплення діафрагми в корпусі насоса .

У насосах з гідравлічним приводом діафрагми при правильному виборі конструкції та матеріалу діафрагми термін її служби значно більший, ніж у насосах з механічним приводом діафрагми, а параметри таких насосів визначаються міцністю та працездатністю виконавчих органів і потужністю приводу [10].

Діафрагмові насосні агрегати, що застосовуються для підйому рідини зі свердловин, за видом енергії, що використовується для їх приведення в дію, поділяються на три види: [10]

- працюючі від гідравлічної енергії рідини, що подається до насоса з поверхні;
- що діють за рахунок зворотно-поступального руху колони штанг із приводом від верстата-качалки, розташованого на усті свердловини;
- що мають привод від зануреного електродвигуна.

1.5 Розроблення лабораторного стенда УЕДН

Лабораторний стенд установки діафрагмового насоса УДН розробляється з метою наочного демонстрування будови насоса та принципу його роботи в умовах лабораторії. Основна мета стенда – показати конструктивні елементи насоса, механізм дії діафрагми, роботу всмоктувальних і нагнітальних клапанів та особливості привідної частини. Стенд призначений для навчальних занять, проведення лекцій і практичних демонстрацій, а також для ознайомлення студентів або персоналу з принципами експлуатації діафрагмових насосів без використання рідини та підвищених тисків [16].

Конструктивно стенд являє собою стаціонарну основу, на якій закріплені корпус насоса, електропривід з регульованим механізмом ходу плунжера, всмоктувальні та нагнітальні клапани, діафрагма та плунжерна пара. Для зручності демонстрації передбачено прозорі оглядові елементи корпусу або умовні пластикові вставки, що дозволяють спостерігати рух діафрагми та роботу клапанів. Стенд обладнаний шкалами та маркерами, які показують напрям руху рідини та фазу ходу плунжера, а також ручними регуляторами для зміни частоти ходу приводу в демонстраційних умовах.

Додатково стенд може мати навчальну панель із пояснювальними позначеннями та схемами внутрішніх потоків рідини, щоб користувач міг зрозуміти принцип роботи насоса без запуску його в реальному режимі. Завдяки такій конструкції стенд стає безпечним і зручним для навчання, оскільки не потребує підключення до електропостачання великої потужності або рідин під тиском. Він дозволяє наочно вивчати будову УДН, принцип роботи діафрагми та клапанної системи, а також роботу привідної частини без ризику пошкодження обладнання чи небезпеки для персоналу.

Таким чином, демонстраційний стенд УДН виконує освітню та навчальну функцію, дозволяє проводити лабораторні заняття та презентації, а також підготовку студентів до роботи з реальними установками у виробничих умовах.

1.6 Розроблення методвказівок до лабораторної роботи з вивчення Конструкції діафрагмового насоса

Методичні вказівки до лабораторної роботи з вивчення конструкції діафрагмового насоса створюються з метою забезпечення системного та послідовного підходу до засвоєння теоретичних знань і практичних навичок студентами щодо будови та принципу роботи УДН. Основна мета лабораторної роботи – ознайомлення з конструктивними елементами насоса, принципом дії діафрагми та клапанної системи, а також підготовка студентів до подальшого використання цього обладнання в умовах виробництва або досліджень.

Методвказівки включають детальний опис лабораторного обладнання, що використовується під час роботи, а також порядок проведення експериментальних та демонстраційних спостережень. Студенти отримують навчальний стенд або демонстраційний макет насоса УДН, який дозволяє наочно ознайомитися з усіма вузлами: корпусом насоса, діафрагмою, плунжерною парою, всмоктувальними та нагнітальними клапанами, приводною частиною та умовними трубопроводами. Для більшої наочності стенд може мати прозорі вставки, індикатори ходу плунжера, стрілки напрямку руху рідини та умовні клапани, що демонструють принцип їх роботи.

Лабораторні методвказівки включають покрокову інструкцію для студентів. Спочатку проводиться ознайомлення з основними вузлами та їх функціями, потім демонструється рух плунжера та діафрагми, робота клапанів, а також взаємодія приводу та гідравлічної частини. Студенти повинні спостерігати, як відбувається переміщення рідини в умовних трубопроводах і через індикатори напрямку потоку, а також оцінювати вплив частоти ходу плунжера на роботу системи.

Методвказівки містять також рекомендації щодо виконання завдань, які дозволяють студентам закріпити знання про будову та принцип дії насоса:

– визначення основних вузлів та їх призначення;

– пояснення ролі діафрагми та плунжера в процесі перекачування;

– опис роботи всмоктувальних та нагнітальних клапанів;

– аналіз роботи приводу та взаємодії механічних елементів;

– оцінка впливу частоти руху плунжера на продуктивність та стабільність подачі;

– імітація різних фаз роботи насоса для наочного спостереження та порівняння теоретичних даних з демонстраційними результатами.

Для підвищення ефективності навчання методвказівки включають ілюстративний матеріал у вигляді схем, креслень та фотографій вузлів насоса. Це дозволяє студентам не лише ознайомитися з теорією, а й наочно побачити розташування та конструктивні особливості кожного елемента. Використання індикаторів, стрілок напрямку потоку та прозорих вставок забезпечує наочність, сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку просторового мислення.

Важливою складовою методвказівок є рекомендації щодо техніки безпеки та охорони праці при проведенні лабораторної роботи. Студенти ознайомлюються з правилами роботи з демонстраційним обладнанням, способами безпечного переміщення та кріплення вузлів насоса, заходами при несправностях стенда або приводу, а також принципами безпечного використання ручних і електричних приводів.

Методвказівки також передбачають завдання для самостійного аналізу та контрольні питання, що сприяє формуванню аналітичного мислення і глибшому розумінню конструкції насоса. Студенти повинні робити висновки про взаємодію вузлів, оцінювати правильність синхронізації плунжера та клапанів, порівнювати спостережувані демонстраційні явища з теоретичними знаннями та пропонувати оптимальні рішення для роботи насоса.

Розроблення методвказівок забезпечує послідовне і системне навчання, дозволяє студентам засвоїти як теоретичні, так і практичні аспекти конструкції діафрагмового насоса, формує базові навички роботи з УДН та підготовлює до подальшого проведення експериментальних досліджень або практичної

експлуатації обладнання. Методвказівки також дають змогу викладачам ефективно організовувати навчальний процес, контролювати засвоєння матеріалу та оцінювати рівень практичних навичок студентів.

З метою практичного впровадження результатів дослідження та їх апробації в навчальному процесі були розроблені методичні матеріали, які можна використовувати в освітній діяльності. Розроблена методологія представлена нижче.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Вивчення конструкцій, принцип дії та дослідження експлуатаційних параметрів діафрагмових насосів

1.1 МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

1.1.1 Ознайомлення з основними типами УДН, їх класифікацію, основними параметрами та умовами застостування.

1.1.2 Вивчення особливостей конструкцій діафрагмових насосів, принципу дії та умов експлуатації

1.1.3 Технічний огляд ,складання експлікації та УДН та його вузли, вибір конструкційних матеріалів для виготовлення основних деталей.

1.2 ОБЛАДНАННЯ ІНСТРУМЕНТ

1.2.1 Навчально-демонстраційний стенд з повнорозмірними УДН їх вузли і основними деталями

1.2.2 Ілюстрації принципових схем УДН, конструкції їх вузлів. Необхідна довідкова та нормативно-технічна інформація.

1.2.3 Вимірювальний інструмент: лінійка, штангельциркуль.

1.3 ТРИВАЛІСТЬ РОБОТИ

Робота розрахована на виконання протягом 2 годин.

1.4 Методичні вказівки з підготовки та проведення роботи

Заняття розраховано на роботу студентів, розподілених на підгрупи по 2 студенти. Лабораторна робота проводиться згідно індивідуальних завдань, де вказано об’єкт вивчення і дослідження. До виконання роботи допускаються студенти, які засвоїли матеріал з лабораторної роботи.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно вивчити матеріал, який достатньо повно висвітлено в рекомендованих літературних джерелах (Засвоєння матеріалу проконтролювати відповідями на питання

Примітка: Залежно від складності об’єкта дослідження перелік питань для висвітлення в лабораторній роботі може бути скорегований

1.5 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

На базі добре зарекомендованого у промисловій експлуатації діафрагмового насоса Ое-10, з урахуванням усунення ряду його конструктивних недоліків, Особливим конструкторським бюро з безштангових насосів – була створена вітчизняна конструкція заглибних діафрагмового електронасоса типу ЕДН-5, яка не потребує застосування додаткової колони труб для компенсації витоків. Саме ця конструкція у подальшому була прийнята за основу при розробці установок електроприводних діафрагмових насосів (УЕДН).

У процесі стендових випробувань та підконтрольної експлуатації були отримані такі експлуатаційні характеристики насоса (рис. 1).

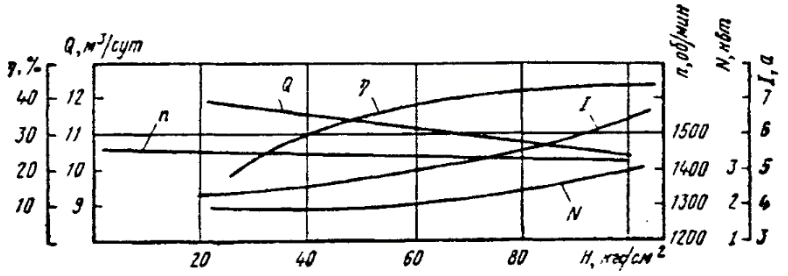


Рисунок 1 – Характеристика діафрагмового насоса

В даний час за ТУ 26-06-1464–86 серійно випускаються установки типу УЕДН5, призначені для видобування нафти з малодебітних свердловин із внутрішнім діаметром обсадної колони не менше ніж 121,7 мм.

Установка типу УЕДН5 за конструкцією аналогічна установкам електровідцентрових насосів типу УЕЦН і включає:

– заглибний діафрагмовий електронасос типу ЕДН5;

– комплектний блок керування електронасосом і системою його захисту;

– кабельну лінію зі штекерною муфтою;

– пояси для кріплення кабельної лінії до насосно-компресорних труб, по яких електронасос спускається в свердловину;

– клапан для зливу рідини з труб перед підйомом електронасоса на поверхню.

Наземний трубопровід біля устя свердловини обладнаний електроконтактним манометром та зворотним клапаном.

Загальний вид електронасосної установки типу УЕДН5 представлено на рис. 2.

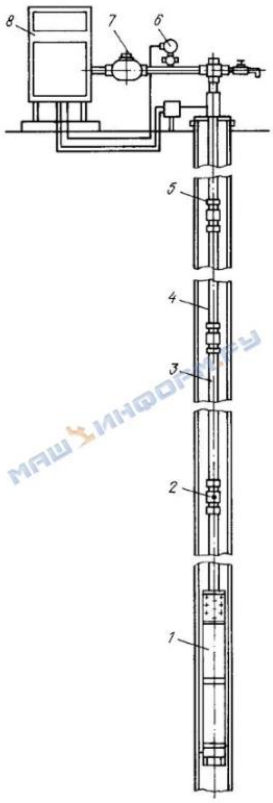


Рисунок 2 - Установка типу УЕДН5

Загальний вид установки заглибних діафрагмових електронасосів типу ЕДН5 Гарантійний термін служби встановлення - 1 рік з дня введення в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання - 1,5 роки при

напрацюванні, що не перевищує 5000 год. Порядок обчислення гарантії згідно з ГОСТ 22352-77.

Установка типу УЕДН5 (рис. 2) включає: заглибних діафрагмовий електронасос типу ЕДН5 1 з електродвигуном; зливний клапан 2 для зливу рідини з колонки НКТ під час підйому електронасоса зі свердловини; НКТ 3; струмопровідний кабель 4; пояси для кріплення кабелю 5; електроконтактний манометр 6; зворотний клапан 7; комплектний пристрій ШДН01-93У1 8 для контролю, керування та захисту електронасоса.

Електронасос ЕДН5 (рис. 3) виконаний у вигляді вертикального моноблока, складається з чотириполюсного асинхронного електродвигуна, конічного редуктора, плунжерного насоса з ексцентриковим приводом і пружиною зворотної.

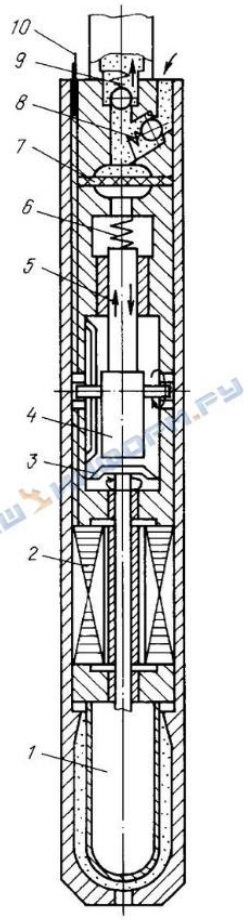


Рисунок 3 - Електронасос ЕДН5

1 – компенсатор; 2 – електродвигун; 3 – редуктор; 4 – ексцентриковий привід; 5 – плунжерний насос; 6 – зворотна пружина; 7 – гумова діафрагма; 8 - всмоктуючий клапан; 9 – нагнітальний клапан; 10 – струмопровід

Вузли насоса розташовані в загальній камері, заповненій олією і герметично ізольованою від середовища, що перекачується гумовою діафрагмою і компенсатором, що забезпечує малий знос основних вузлів, що працюють в чистій олії.

У частині електронасоса розташований уніфікований струмопровід, в корпусі якого розташована розетка для з'єднання з роз'ємом кабельною лінією. Електронасос заповнюється олією і постачається повністю підготовленим для спуску у свердловину.

З'єднання кабельної лінії з електронасосом здійснюється кабельною муфтою з кабелем довжиною 25 м, що складається з окремих циліндричних муфт, які встановлені на жилах плоского кабелю і забезпечують з'єднання з роздільними струмопроводами електронасоса.

Для контролю тиску в трубопроводі біля гирла свердловини та автоматичного відключення електронасоса при верхньому або нижньому встановлених значеннях тиску передбачений електроконтактний манометр, з'єднаний з трубопроводом спеціальною трубкою, що здійснює також захист манометра від впливу середовища, що перекачується.

Для захисту нагнітального клапана електронасоса від осаду твердих частинок, що надходять з рідиною, що відкачується, призначені труба шламова і труба шламова верхня. Від попадання великих частинок газогенератор і клапан, що всмоктує, оберігаються сіткою.

Комплектний пристрій складається з модульної шафи із захисним покриттям з розташованим усередині комутаційним пристроєм силового ланцюга, блоку управління, елементів, що забезпечують включення, контроль та захист електронасосної установки.

Пристрій вимикає установку при:

– КЗ у силовому ланцюзі;

– перевантаження по струму будь-якої з фаз електродвигуна з вибором максимального струму фази та забороною повторного автоматичного включення;

– недовантаження електродвигуна по струму при зриві подачі електронасоса з витримкою часу спрацьовування захисту трохи більше 45 з;

– асиметрії струму в ланцюгах електродвигуна понад 15%;

– зниження напруги мережі живлення нижче 0,75Uном з автоматичним повторним включенням при відновленні напруги до 0,85Uном;

– відхилення (зниження або підвищення) тиску в нафтопроводі від номінального значення (за сигналами контактного манометра);

– несправності заглибної частини установки;

– зниження опору ізоляції системи кабель заглибний електродвигун.

Режими керування: ручний, автоматичний, автоматичний за заданою програмою, дистанційний.

При використанні комплектного пристрою ЩДН01-93У1 підвищується надійність та економічність експлуатації електронасосу.

1,6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1.6.1 Після допуску до виконання лабораторної роботи вибрати об’єкт дослідження та отримати у викладача індивідуальне завдання

1.6.2 Описати процес відкачування рідини із свердловини за допомогою УДН

1.6.3 Оглянути УДН та вивчити і описати його конструкцію

1.6.4 Ознайомитися з теоретичними відомостями про конструкцію, принцип дії та область застосування діафрагмових насосів типу УДН5.

1.6.5 Вивчити схеми та технічні матеріали, які характеризують будову насоса, його вузли та передавальні механізми.

1.6.6 За результатами огляду за п.1.6.3 та проведення необхідних вимірювання виконати ескіз насоса з позначенням габаритних і приєднувальних розмірів

1.6.7 Вивчивши конструкцію УДН скласти експлікацію та вказати, з яких , на ваш погляд, конструкційних матеріалів виготовлені його деталі.

1.6.8 Детально вивчити принцип роботи діафрагмового насоса.

1.6.9 Визначити подачу насосу по рідині

$$Q = 1{,}36 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha \cdot e \cdot f \cdot (1 - s) \cdot (p - u)^{-1} \cdot d^2 \qquad (1.1)$$

де Q – подача насоса м^3/добу

α - коєфіцієнт подачі ;

e – ексцентриситет привода, мм;

f – частота струму, Гц;

s– коєфіцієнт ковзання привода;

p – число пар полюсів електродвигуна;

u – передаточне число конічної передачі;

d – діаметр плунжера, мм.

1.6.10 Проаналізувати експлуатаційні характеристики насоса.

1.6.11 Ознайомитися з роботою системи керування та захисту установки УДН5 .

1.6.12 Проаналізувати можливі несправності насоса та причини їх виникнення, узгодивши їх із захисними функціями блоку керування.

1.6.13 Ознайомитись з монтажем УДН

1.6.14 Виконати індивідуальне завдання, передбачене методичними вказівками (розрахунок параметрів, аналіз характеристики або опис роботи вузла).

1.6.15 Оформити повний звіт, включивши в нього мету, теоретичну частину, експлікацію, аналіз принципу роботи, експлуатаційні параметри, індивідуальне завдання та висновки.

1.6.16 Зробити узагальнений висновок про особливості конструкції, ефективність роботи та переваги діафрагмових насосів у порівнянні з іншими типами насосних установок.

1.7 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ ПО РОБОТІ

Звіт з лабораторної роботи повинен містити такі матеріали:

1.7.1 Короткий опис процесу відкачування рідини УДН.

1.7.2 Опис призначення УДН та умов експлуатації за п 1.6.6

1.7.3 Ескіз насоса, експлуатацію за п 1.6.7

1.7.4 Інформацію за п 1.6.9 з відповідним поясненням

1.7.5 Опис можливих несправностей насоса та причини їх виникнення

1.7.6 Опис монтажних робіт при спускі УДН

1.8 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ПІДГОТОВКИ

1.8.1 Для яких умов експлуатації та типів свердловин призначені установки УЕДН5?

1.8.2 Опишіть конструкцію електронасоса ЕДН5 та призначення його основних вузлів.

1.8.3 Яку роль у роботі електронасоса відіграють гумова діафрагма та компенсатор?

1.8.4 Чому всі основні вузли електронасоса розміщені в герметичній камері, заповненій оливою?

1.8.5 Яким чином здійснюється під’єднання кабельної лінії до занурювального електронасоса?

1.8.6 Які заходи передбачені в конструкції для захисту клапанів від твердих механічних домішок?

1.8.7 Поясніть принцип роботи захисту при зниженні напруги мережі живлення.

1.8.8 Які режими керування електронасосною установкою передбачені та в яких випадках вони застосовуються?

1.8.9 Поясніть, чому конструкція ЕДН-5 не потребує додаткової колони труб для компенсації витоків.

1.9 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1.9.1 Федорович Я.Т Машини та обладнання для видобутку нафти і газу: навч.посібн. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ,2015. 344 с.

1.9.2 Білецький В.С., Орловський В.Г., Вітрик В.Г. Основи нафтогазової інженерії: підручник. Львів: Новий світ 2000, 2019. 416с.

1.9.3 Онищенко О.Г., Матвієнко А.М. Глибинонасосні способи видобування нафти: навч. посіб. Полтава: ПолНТУ, 2011. 163 с.

1.9.4 Раціональна експлуатація бурових та нафтопромислових машин: конспект лекцій. Івано-Франківськ: Факел, 2000. 137 с.

1.7 Розроблення тестів для контролю знань з даної теми

З метою об’єктивного контролю рівня засвоєння навчального матеріалу з даної теми та перевірки сформованості знань і вмінь здобувачів освіти була розроблена система тестових завдань. Запропоновані тести спрямовані на оцінювання результатів навчання та подані нижче.

1. На базі якого насоса була створена конструкція електронасоса ЕДН-5?

а) ВЦН-100

б) Ое-10

в) ЕВН-50

г) ШГН-57

Правильна відповідь: б)

2. Основне призначення установки УЕДН5:

а) Видобування газу

б) Закачування води

в) Видобування нафти з малодебітних свердловин

г) Очищення свердловин

Правильна відповідь: в)

3. Мінімальний внутрішній діаметр обсадної колони для УЕДН5:

а) 102 мм

б) 114 мм

в) 121,7 мм

г) 146 мм

Правильна відповідь: в)

4. За якими технічними умовами серійно випускається УЕДН5?

а) ГОСТ 22352-77

б) ТУ 26-06-1464–86

в) ДСТУ 1234-2005

г) ISO 9001

Правильна відповідь: б)

5. Який насос використовується в установці УЕДН5?

а) Плунжерний

б) Відцентровий

в) Діафрагмовий

г) Гвинтовий

Правильна відповідь: в)

6. Який елемент НЕ входить до складу установки УЕДН5?

а) Кабельна лінія

б) Заглибний електронасос

в) Наземний трансформатор

г) Блок керування

Правильна відповідь: в)

7. Для чого призначений зливний клапан?

а) Регулювання тиску

б) Захист електродвигуна

в) Злив рідини з НКТ перед підйомом

г) Контроль подачі

Правильна відповідь: в)

8. Електронасос ЕДН5 виконаний у вигляді:

а) Горизонтального агрегату

б) Секційної установки

в) Вертикального моноблока

г) Модульної системи

Правильна відповідь: в)

9. Тип електродвигуна в ЕДН5:

а) Синхронний

б) Постійного струму

в) Асинхронний чотириполюсний

г) Колекторний

Правильна відповідь: в)

10. Який вузол забезпечує перетворення обертального руху в зворотно-поступальний?

а) Компенсатор

б) Редуктор

в) Ексцентриковий привід

г) Плунжер

Правильна відповідь: в)

11. Основна функція гумової діафрагми:

а) Збільшення напору

б) Ізоляція вузлів від перекачуваного середовища

в) Передача крутного моменту

г) Охолодження двигуна

Правильна відповідь: б)

12. Чим заповнена внутрішня камера насоса?

а) Водою

б) Нафтою

в) Мастилом (олією)

г) Повітрям

Правильна відповідь: в)

13. Перевага роботи вузлів у масляному середовищі:

а) Зменшення ваги

б) Збільшення подачі

в) Малий знос деталей

г) Зниження напруги

Правильна відповідь: в)

14. Який елемент захищає манометр від впливу перекачуваного середовища?

а) Фільтр

б) Захисний кожух

в) Спеціальна трубка

г) Компенсатор

Правильна відповідь: в)

15. Для чого встановлюється зворотний клапан на наземному трубопроводі?

а) Зниження тиску

б) Запобігання зворотному потоку рідини

в) Вимірювання витрати

г) Захист кабелю

Правильна відповідь: б)

16. Захист установки здійснюється при короткому замиканні:

а) У сигнальному ланцюзі

б) У ланцюзі заземлення

в) У силовому ланцюзі

г) У ланцюзі керування

Правильна відповідь: в)

17. При якому зниженні напруги відбувається відключення установки?

а) 0,9Uном

б) 0,85Uном

в) 0,75Uном

г) 0,65Uном

Правильна відповідь: в)

18. Автоматичне повторне включення відбувається при відновленні напруги до:

а) 0,75Uном

б) 0,8Uном

в) 0,85Uном

г) 1,0Uном

Правильна відповідь: в)

19. Захист від недовантаження електродвигуна спрацьовує при:

а) Перегріві

б) Зриві подачі

в) Короткому замиканні

г) Зниженні тиску

Правильна відповідь: б)

20. Який параметр контролює електроконтактний манометр?

а) Температуру

б) Витрату

в) Тиск

г) Напругу

Правильна відповідь: в)

21. Режими керування установкою УЕДН5 включають:

а) Лише ручний

б) Ручний і дистанційний

в) Ручний, автоматичний, програмний, дистанційний

г) Тільки автоматичний

Правильна відповідь: в)

22. Який елемент захищає всмоктувальний клапан від великих частинок?

а) Компенсатор

б) Фільтр-сітка

в) Редуктор

г) Діафрагма

Правильна відповідь: б)

23. Для чого призначена шламова труба?

а) Відведення газу

б) Захист клапанів від твердих частинок

в) Охолодження двигуна

г) Зниження вібрації

Правильна відповідь: б)

24. Який елемент забезпечує підключення кабельної лінії до електронасоса?

а) Контактор

б) Кабельна муфта

в) Трансформатор

г) Розподільна коробка

Правильна відповідь: б)

25. Яка довжина кабелю муфти постачання електронасоса?

а) 10 м

б) 15 м

в) 25 м

г) 50 м

Правильна відповідь: в)

26. Гарантійний термін служби установки з дня введення в експлуатацію:

а) 6 місяців

б) 1 рік

в) 1,5 роки

г) 2 роки

Правильна відповідь: б)

27. Максимальне напрацювання в межах гарантії становить:

а) 3000 год

б) 4000 год

в) 5000 год

г) 6000 год

Правильна відповідь: в)

1.8 Дослідження роботи насоса УДН

Дослідження роботи діафрагмового насоса УДН проводиться для детального аналізу його технічного стану, ефективності роботи та відповідності реальним умовам експлуатації. Оскільки УДН належить до об’ємних діафрагмових насосів, його робота значною мірою залежить від правильності налаштування привідного механізму, еластичності діафрагми та стану клапанної системи. Тому дослідження охоплює комплекс як теоретичних, так і практичних методів вимірювання параметрів, які характеризують працездатність агрегату у свердловинних умовах. Аналіз починається з оцінки геологічних і технологічних характеристик об’єкта, де працює насос. Визначають в’язкість, щільність, ступінь емульгованості та обводненості пластової рідини, оскільки саме ці властивості впливають на гідравлічний опір та навантаження, що припадає на діафрагму. Вивчається вплив газового фактору, адже наявність вільного газу в продукції може змінювати характер роботи всмоктувального клапана та призводити до нерівномірності подачі [10],[4].

Однією з важливих складових дослідження є аналіз продуктивності насоса. Вимірюється фактичний об'єм перекачаної рідини за різних частот коливань приводу та визначається залежність подачі від амплітуди ходу плунжера. Такі експериментальні дані дозволяють встановити оптимальний режим роботи, за якого забезпечується максимальна ефективність без ризику перевантаження механізмів. Під час дослідження проводиться порівняння фактичних значень продуктивності з паспортними показниками, що дозволяє оцінити відхилення, спричинені зношуванням деталей або некоректними умовами експлуатації. Особлива увага приділяється коефіцієнту подачі, адже навіть незначні втрати через негерметичність клапанів або пошкодження

діафрагми можуть призвести до помітного зниження ефективності всього процесу .

У рамках дослідження ретельно аналізується робота клапанної системи насоса. Всмоктувальний і нагнітальний клапани повинні забезпечувати своєчасне відкривання та закривання, запобігаючи зворотному перетоку рідини [13].

Тому оцінюється точність їхнього прилягання, знос поверхонь, ступінь герметичності та наявність відкладень, які можуть ускладнювати рух клапанів. Окремо визначається вплив механічних домішок, що містяться в продукції свердловини. Для цього перевіряють шламові труби, які встановлені у конструкції насосів УДН для захисту клапанів від пошкодження твердими частинками. У разі виявлення підвищеного зносу або частих засмічень роблять висновок про необхідність використання фільтрувальних пристроїв або зміну режиму експлуатації [10].

Особливе місце у дослідженні займає вивчення стану діафрагми. Цей елемент забезпечує відсутність контакту пластової рідини з приводним механізмом, тому його знос або деформація можуть призвести до аварійної ситуації. У ході дослідження проводиться візуальний огляд діафрагми, визначення її залишкової деформації, наявності мікротріщин та змін еластичності. Аналізується рівень внутрішнього напруження матеріалу, величина прогину під дією робочого тиску та поведінка діафрагми при різних частотах коливань приводу .

Якщо насос працює у середовищі із високим вмістом активних хімічних компонентів, проводиться додаткова оцінка хімічної стійкості матеріалу діафрагми. Порушення герметичності діафрагми призводить до змішування робочої рідини та мастила приводу, тому контроль її стану є критично важливим для безпечної експлуатації [8].

Не менш важливою частиною дослідження є аналіз тиску у всмоктувальному та нагнітальному каналах. За допомогою манометрів та реєструвального обладнання вимірюють характер змін тиску протягом

повного робочого циклу насоса. Отримані графіки дозволяють оцінити рівень пульсацій, виявити можливі гідравлічні удари та встановити причини нестабільної роботи агрегату [10].

Значна нерівномірність тиску може свідчити про порушення синхронізації привідного механізму, недостатній об’єм всмоктуваної рідини або початок кавітаційних явищ. Кавітація є небезпечною, оскільки призводить до руйнування поверхонь клапанів, різкого зниження подачі і може спричинити вихід насоса з ладу.

У процесі дослідження оцінюється також робота приводу насоса. Аналізується частота обертання електродвигуна, рівень пускових та робочих навантажень, стабільність ходу плунжера та поведінка механізму під навантаженням. Підвищена вібрація або сторонній шум можуть свідчити про розбалансування елементів приводу, недостатнє мастило або знос підшипників. Важливо визначити енергетичну ефективність роботи насоса, зрівнявши фактичні затрати електроенергії з обсягом перекачаної рідини. У разі перевищення енерговитрат встановлюються причини, серед яких можуть бути надмірні гідравлічні втрати, погіршення стану клапанів або невірно підібраний режим роботи .

Завершальним етапом дослідження є системний аналіз отриманих результатів та розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності та надійності роботи насоса УДН. На основі даних вимірювань формують висновки про технічний стан обладнання, ступінь зносу його основних елементів та наближені строки проведення технічного обслуговування чи капітального ремонту. Рекомендації можуть включати оптимізацію режиму роботи, регулювання частоти обертання приводу, заміну діафрагми або клапанів, впровадження додаткових фільтраційних систем або підготовку рідини перед подачею на насос. Ретельне дослідження роботи установки УДН дозволяє забезпечити її стабільну експлуатацію, мінімізувати простої та підвищити загальну ефективність видобутку у складних свердловинних умовах [10].

2 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторна робота проводиться на навчальному стенді установки діафрагмового глибинного насоса УДН, який перебуває у неробочому стані, не підключений до електричної мережі та не призначений для проведення гідравлічних або механічних випробувань. Основним завданням роботи є ознайомлення з будовою, принципами роботи та функціональними вузлами агрегату. Робота має оглядово-конструктивний характер і передбачає детальне вивчення насосної частини, електродвигуна, шламової труби, діафрагменної камери, всмоктувальних і нагнітальних клапанів, патрубків та елементів кріплення. Особлива увага приділяється вивченню взаємного розташування вузлів та конструкційних особливостей, що забезпечують герметичність і надійність роботи установки [6].

До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли первинний інструктаж з охорони праці відповідно до ДСТУ EN ISO 12100:2014 та НПАОП 0.00-4.12-05. Забороняється самовільне переміщення, розбирання або зміна положення елементів установки УДН. Робоче місце повинно бути організоване з урахуванням вимог ДСТУ EN 614-1:2014 щодо безпечного розташування обладнання. Виконавці роботи зобов’язані застосовувати засоби індивідуального захисту, включаючи спецодяг та рукавички, відповідно до НПАОП 0.00-1.05-10 [11].

Під час огляду конструкції установки забороняється підключати насос до електромережі, здійснювати механічний вплив на рухомі вузли та деталі. Забороняється торкатися до контактів електродвигуна, кабельних вводів та інших електричних елементів. Рекомендується проводити вивчення агрегату спокійно, у безпечній зоні, оглядаючи елементи насосної частини, шламової труби, діафрагмової камери, всмоктувальних і нагнітальних клапанів, патрубків і кріпильних вузлів. Не допускається прикладання зусиль до шламових труб, муфт, клапанів, нагнітальних і всмоктувальних елементів для запобігання механічних пошкоджень або деформацій [11].

У процесі виконання роботи необхідно дотримуватися правил безпечного поводження з навчальним стендом, уникати дотиків до гострих кромок корпусних деталей і важких елементів конструкції. Увага приділяється наявності захисних кожухів, надійному кріпленню вузлів, відсутності люфтів та механічних пошкоджень на з’єднаннях. Огляд агрегату проводиться лише візуально та включає перевірку маркування елементів, стану кріпильних деталей і герметичних вузлів.

Під час роботи виключається можливість запуску насоса, переміщення агрегату без контролю викладача або застосування інструментів, які можуть пошкодити поверхні або різьбові з’єднання. По завершенні огляду стенд приводиться до початкового положення, перевіряється стан всіх захисних елементів, вузлів кріплення, муфт та патрубків, а також фіксується відсутність дефектів і пошкоджень. У разі виявлення ознак зносу або порушення герметичності необхідно повідомити викладача для проведення додаткової перевірки [11].

Під час роботи можливий вплив небезпечних та шкідливих факторів, включаючи гострі кромки корпусних деталей, ризик травмування при необережному поводженні зі з’єднаннями, забруднення рук мастильними матеріалами та продуктами корозії, а також пошкодження кабельних вводів і герметичних елементів. Всі роботи виконуються відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 12100:2014 «Безпечність машин», НПАОП 0.00-1.05-10 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання» та ДСТУ EN 50110-1:2014 «Роботи в електроустановках» [11].

Оглядова робота зі стендом дозволяє студентам набути уявлення про конструкцію і принципи функціонування установки діафрагмового насоса УДН, вивчити послідовність монтажу та кріплення вузлів, ознайомитися з системою герметизації та кабельними підводками, а також зрозуміти технологічні вимоги до експлуатації та безпечного обслуговування підземних насосних агрегатів [6].

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було розглянуто актуальні питання механізованого видобування нафти в умовах зростання частки малодебітних, обводнених та складних в експлуатації свердловин. У зв’язку з цим основну увагу зосереджено на дослідженні конструкції, принципу дії та особливостей застосування установок діафрагмових електронасосів як ефективного технічного рішення для роботи в складних геолого-технічних умовах.

У ході виконання роботи проаналізовано сучасний стан нафтогазової галузі та обґрунтовано доцільність використання установок діафрагмових насосів для видобування нафти. Показано, що застосування УДН дозволяє підвищити надійність експлуатації свердловин, зменшити аварійність обладнання, забезпечити стабільний дебіт і знизити експлуатаційні витрати, особливо в умовах високої обводненості та наявності механічних домішок у продукції свердловин.

У роботі детально розглянуто конструктивні особливості заглибних діафрагмових електронасосів, проаналізовано принцип їх роботи, типи приводів, трансмісій та діафрагм, а також наведено порівняльну характеристику різних конструктивних рішень. Встановлено, що використання гідравлічного приводу діафрагми та герметичної ізоляції робочих елементів забезпечує тривалий ресурс роботи насоса та високу надійність у складних умовах експлуатації.

Розроблено та описано методику вибору обладнання установки діафрагмового насоса з урахуванням дебіту свердловини, фізико-хімічних властивостей продукції, глибини спуску та необхідного напору. Виконано розрахунок основних параметрів підземної частини УДН, зокрема подачі насоса, потужності електродвигуна, гідравлічних втрат і глибини підвіски насоса, що дозволяє забезпечити оптимальний режим роботи установки.

Особливу увагу приділено розробленню лабораторної роботи, спрямованої на вивчення конструкції та принципу дії установки діафрагмового насоса. Запропонована лабораторна робота дозволяє студентам

на практиці ознайомитися з будовою УДН, дослідити вплив основних параметрів на її роботу, набути навичок аналізу режимів експлуатації та вибору обладнання для конкретних умов свердловини.

Також у межах роботи розроблено тестові завдання для контролю знань з даної теми, що сприяє об’єктивному оцінюванню рівня засвоєння навчального матеріалу та підвищенню ефективності навчального процесу.

Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані в освітньому процесі під час підготовки фахівців нафтогазового профілю, а також як методичний матеріал для подальших досліджень у галузі механізованого видобування нафти із застосуванням установок діафрагмових електронасосів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин: Підручник для вищих навчальних закладів. У 4-х частинах. Частина І. Івано-Франківськ : Факел. 2002. 465 с.

2. Білецький В.С., Орловський В.Г., Вітрик В.Г. Основи нафтогазової інженерії: підручник. Львів : Новий світ 2000, 2019. 416 с.

3. Галузеві норми часу на будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи. Випуск 3 «Мости та труби» Ч.1. // Збірник ГН 5 Монтаж металевих конструкцій. Київ : УкрНДЦ Екобуд, 2007. 84 с.

4. Довідник з нафтогазової справи/ за ред. В.С. Бойка. Львів : Політехніка, 1996. 620 с.

5. ДСТУ 8935:2019 Труби насосно-компресорні та муфти до них. Технічні умови.

6.Катеринчук П. О., Мінчукова Н. Ф.,Римчук Д. В., Цибулько С В. Фонтанна та газова безпека в нафтогазовій галузі. Навчальний посібник. Х. : «ПЛАНЕТА-ПРИНТ», 2022. 646 с.

7. Костриба І.В. Нафтопромислове обладнання. Задачі, вправи: навч. посіб. Київ : Віпол, 1996. 432 с.

8. Лівак І. Д., Концур І. Ф., Шостаківський І. І. Основи нафтогазової справи: навч. посіб. Івано-Франківськ, 2014. 432 с.

9. Михайлюк В. В. Основи моделювання : методичні вказіки для вивчення дисципліни. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. 29 с.

10. Онищенко О.Г., Матвієнко А.М. Глибинонасосні способи видобування нафти: навч. посіб. Полтава : ПолНТУ, 2011. 163 с.

11. Правила безпеки в нафтогазовидобувній промисловості. Київ : 2023.

12. Раціональна експлуатація бурових та нафтопромислових машин: конспект лекцій. Івано-Франківськ: Факел, 2000. 137 с.

13. Римчук Д. В., Пономаренко В. В., Шудрик О.Л. Обладнання для буріння свердловин і видобутку газу. Підручник. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. 381 с.

14. Світлицький В. М., Кривуля С. В., Матвієнко А. М., Коцаба В. І. Машини та обладнання для видобування нафти і газу: довідковий посібник. Харків : КП Міська друкарня, 2014. 352 с.

15. Федорович Я. Т. Машини та обладнання для видобутку нафти і газу: навчальний посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. 344 с.

16. Федорович Я.Т. Машини та обладнання для видобутку нафти і газу: Лабораторний практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. 125 с.