

## **Насоси з гідравлічним приводом для перекачування високов'язких нафтопродуктів з резервуарів та відстійників**

**В. В. Петрусь**

Вінницький національний технічний університет, 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
тел. роб. 8 (0432) 598170, e-mail: petrus\_vit@mail.ru

### **Постановка проблеми**

На даний час існує велика кількість конструкцій насосів, проте не дивлячись на це є ряд середовищ, перекачування яких традиційними засобами в ряді випадків неефективне, пов'язане з додатковими витратами або різного роду складнощами. До таких середовищ відносяться високов'язкі, абразивовмісні, хімічно активні, газонасичені, токсичні, летючі, радіоактивні, сильно забруднені та такі, що містять велику кількість твердої фази, волокнистих включень та ін.

У нафтовій промисловості, зокрема, актуальними є проблеми, пов'язані з перекачуванням різного роду шламів, в тому числі нафтовмісних, з резервуарів і відстійників, перекачуванням високов'язких нафтопродуктів, дозованою подачею шкідливих або хімічно активних реагентів в різних технологічних процесах, збиранням розлитих нафтопродуктів з поверхні землі або води тощо [1]. Застосування самовсмоктуючих насосів пересувних механізмів або електричних занурювальних насосів не завжди можливе і безпечно, а тому необхідне подальше вдосконалення існуючих і розробка нових насосних агрегатів, особливе місце серед яких займають діафрагмові або мембранні насоси, що приводяться у зворотній-поступальний рух за допомогою приводів різного виду. Насоси подібного призначення повинні мати певні гарантовані характеристики з точки зору електро- і пожежобезпеки при їх експлуатації в особливо несприятливих умовах (наприклад, в хімічній, гірничій та інших галузях промисловості). Важливою є також розробка таких приводів насосів, які давали б можливість плавної дистанційної зміни їх кінематичних і динамічних параметрів [2]. Відомо, що в нафтових резервуарах накопичується шар донних відкладень, який може складати до 10 % від загального об'єму резервуара. Відкладення є в'язкою пастоподібною масою з вмістом емульсованої води 5-40 % і механічних домішок 1-15 %. Все інше – нафтопродукт з підвищеним вмістом парафіну 10-20 % і асфальто-смолових компонентів нафти [3]. Зважаючи на високу в'язкість і підвищений вміст домішок, такі відкладення погано піддаються перекачуванню. При зборі розлитих нафтопродуктів з поверхні землі або води його перекачування пов'язане з суттєвими ускладненнями внаслідок підвищеного вмісту в їх складі твердих часток (пісок, ґрунт тощо) і волокнистих включень (трава, водорості).

### **Аналіз останніх досліджень**

Для відкачування відкладень з резервуарів застосовують ежектори, відцентрові, поршневі перистальтичні та шестеренні насоси, які мають свої недоліки. При роботі ежектора робоча рідина змішується з перекачуваними відкладеннями, що заважає подальшій ефективній їх утилізації. Використання відцентрових насосів приводить до швидкого виходу їх з ладу через надмірну забрудненість відходів [4]. Також на даний момент для відкачування нафтопродуктів використовують поршневі бурові насоси НБ-32, які недостатньо ефективні для даних умов експлуатації. Деталі насоса піддаються абразивному та хімічному впливу перекачуваного середовища. Такі насоси мають складну конструкцію, велику масу (1100 кг без приводу) і габарити, окрім того, вони розраховані на створення високого тиску (до 4 МПа) і, відповідно, мають велику потужність (32 кВт) [1]. На відміну від перистальтичних насосів, в мембранних насосах ступінь деформації робочого органа – мембрани, менше, ніж при використанні шлангу, тому ресурс роботи мембрани вище. Крім того, негативно впливає тертя між робочим органом та витискним елементом. В поршневих насосах треба відмітити такі недоліки, як складна система ущільнень та герметизації, що викликає необхідність виготовляти деталі насоса з високим ступенем точності, а також забезпечувати їх точний монтаж; наявність контакту перекачуваного середовища з робочим органом – поршнем, що примушує використовувати при виготовленні високовартісні корозійностійкі матеріали.

Аналітичний огляд відомих приводів насосних агрегатів подібного типу показав, що найбільш ефективними серед них є гідравлічні і пневматичні приводи з дистанційним автоматичним керуванням, особливо в тих випадках, коли використання традиційних електромеханічних приводів неприпустиме, внаслідок підвищених вимог до дотримання електро- і пожежобезпеки. Окрім того, відомі електромеханічні приводи мають значні габарити і масу, не завжди дозволяють здійснювати плавне регулювання амплітуди і частоти робочих ходів виконавчого органу.

В роботах [5, 6] відмічаються суттєві переваги застосування гідравлічних та пневматичних приводів для нагнітальних вузлів насосних агрегатів, які надають можливість плавного

безступінчатого регулювання амплітуди і частоти робочих ходів поршня чи мембрани, а також мають менші габаритні розміри та масу. Існуючий стан досліджень в галузі насосних агрегатів з гідравлічними та пневматичними приводами є ще не досить задовільним.

### Формулювання мети і задач

Відомі конструкції гідроприводних насосів характеризуються цілим рядом важливих конструкторських, технологічних параметрів, серед яких найбільш суттєвими є економічні, енергетичні показники та показники надійності, які разом забезпечують оптимальність конструкції. Таким чином, з метою розробки досконалого конструктивного виконання гідроприводу мембранного насосного агрегату було поставлено задачу створення гідроприводного мембранного насоса, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків досягається надійна герметизація зв'язку напірної магістралі із зливною в момент набору тиску, що сприяє підвищенню ККД агрегату та стабілізації функціонування гідророзподільного пристрою, який визначає стабільність роботи насоса в цілому.

### Висвітлення основного матеріалу

Насоси з гідравлічним приводом досить обмежено представлені на вітчизняному ринку, тоді як в багатьох країнах світу, зокрема, в Німеччині, США та інших країнах завдяки своїм перевагам вони знайшли широке застосування в багатьох галузях промисловості. Сьогодні в багатьох розвинених країнах насоси з гідроприводом випускаються рядом фірм: Alemite, Dellmeco, FlowMaster, HUSKY та ін. Ці насоси широко застосовуються в різних галузях промисловості, і, зокрема, для відкачування в'язких, корозійно-активних і забруднених середовищ з резервуарів і відстійників, для збору розлитих нафтопродуктів, для перекачування бурового розчину і будівельних цементних сумішей, а також як насоси-дозатори в різних технологічних процесах хімічної, харчової та інших галузях промисловості.

Для таких експлуатаційних умов найбільш ефективним технічним рішенням може стати використання мембранних гідроприводних насосів.

На рисунку представлена конструктивна схема гідроприводного мембранного насоса, який містить корпус насоса 1, мембрану 2, встановлену в ньому з утворенням насосної 3 і проміжної 4 камер, поршень-штовхач 5, встановлений в корпусі насоса 1, зі штоком 6 утворює з корпусом насоса 1 приводну порожнину 7, яка постійно зв'язана напірною магістраллю 8 з приводною гідросистемою 9 [7]. Проміжний поршень 10 з наскрізним осьовим каналом 11 та кільцевою проточною 12 утворює спільно з корпусом насоса 1 надпоршневу порожнину 13 та підпоршневу порожнину 14, в якій розташований поршень-штовхач 5, що механічно контактує із проміжним поршнем 10. Надпоршнева порожнина 13 з'єднана наскрізним осьовим каналом 11 з підпоршневою порожниною 14, яка, в свою чергу, гідравлічно зв'язана каналами 15 та 16 з проміжною камерою 4 та зливною магістраллю 17 через підпірний клапан 18 і регульований дросель 19, що встановлені у зливній магістралі 17. Гідророзподільний пристрій, що розміщений в проміжному поршні 10, виконаний у вигляді підпружиненого триступінчатого клапана 20 із центральним осьовим каналом 21. Триступінчастий клапан 20 встановлений з утворенням підклапанної порожнини 22, надклапанної порожнини 23 і замкненої порожнини 24. В підклапанній порожнині 22 встановлено рухомий плунжер із упором 25, виконаний з можливістю взаємодії з регульовальним гвинтом 26, що розміщений в корпусі насоса 1. Надклапанна порожнина 23 каналом 27 сполучена з кільцевою проточною 12 на проміжному поршні 10. Замкнена порожнина 24 перекрита другим ступенем триступінчатого клапана 20 від зв'язку з кільцевою розточкою 28 в проміжному поршні 10. Кільцева розточка 28 каналом 29 з'єднана з наскрізним осьовим каналом 11 та дросельним каналом 30 з'єднана із замкненою порожниною 24. У верхній частині корпусу насоса 1 у надпоршневій порожнині 13 встановлено проміжні плунжери-штовхачі 31, що одним кінцем контактують із проміжним поршнем 10, а іншим контактують з пластиною 32, підпружиненою відносно корпусу насоса 1 силовими пружинами 33. В насосній камері 3 встановлені всмоктуючий 34 і нагнітальний 35 клапани. Крім того, один кінець регульовального гвинта 26 розміщений в надпоршневій порожнині 13 з можливістю взаємодії з першим ступенем триступінчатого клапана 20, що герметично контактує із сідлом, виконаним у тілі проміжного поршня 10. Ступені триступінчатого клапана 20 виконані з наступним співвідношенням їх робочих площ:  $f_1 < f_3 < f_2$ , де  $f_1, f_2, f_3$ , відповідно, робочі площі першого, другого і третього ступенів триступінчатого клапана 20.

Гідроприводний мембранний насос працює наступним чином. При запуску приводної гідросистеми 9, підвищується тиск в напірній магістралі 8 та в сполучених з нею приводній порожнині 7, проточці 12, надклапанній порожнині 23, осьовому каналі 21 і підклапанній порожнині 22. Оскільки площа першого ступеня триступінчатого клапана 20 гідророзподільного пристрою менше площі третього ступеня триступінчатого клапана 20 ( $f_1 < f_3$ ), то останній під дією різниці сил тиску притиснений до сідла, що виконане у тілі проміжного поршня 10, тобто триступінчастий клапан 20 закритий.

Робоча рідина в приводній порожнині 7 діє на поршень-штовхач 5, який зі штоком 6, що жорстко зв'язаний з мембраною 2, яка встановлена в корпусі насоса 1, переміщується вгору. Це переміщення передається через проміжний поршень 10 та проміжні плунжери-штовхачі 31 на пластину 32, стискаючи при цьому силові пружини 33. Відбувається витіснення робочої рідини з проміжної камери 4 через канали 15 та 16, а також з надпоршневої порожнини 13 через наскрізний осьовий канал 11 в зливну магістраль 17 через підпірний клапан 18 і регульований дросель 19. При цьому здійснюється такт всмоктування перекачуваної рідини у насосну камеру 3 через всмоктуючий клапан 34. В момент, коли проміжний поршень 10 досягає свого крайнього верхнього положення, плунжер з упором 25 взаємодіє з регулювальним гвинтом 26, що розміщений в корпусі насоса 1, і, долаючи тиск з боку надкритої порожнини 23, відриває триступінчастий клапан 20 від сідла, що виконане у тілі проміжного поршня 10. Робоча рідина надходить в замкнену порожнину 24 і відкриває триступінчастий клапан 20, оскільки створюється гідравлічна невідношеність триступінчастого клапана 20 внаслідок того, що  $f_3 < f_2$ . Замкнена порожнина 24 сполучається з кільцевою розточкою 28 і робоча рідина через канал 29 та наскрізний осьовий канал 11 надходить в надпоршневу порожнину 13 і підпоршневу порожнину 14, а також через канал 15 робоча рідина надходить в проміжну камеру 4 і через канал 16 – в зливну магістраль 17 через підпірний клапан 18 та регульований дросель 19 і йде на злив. Тиск в напірній магістралі 8 падає і пластина 32 під дією стиснених силових пружин 33 рухається вниз разом з проміжними плунжерами-штовхачами 31, проміжним поршнем 10, поршнем-штовхачем 5 зі штоком 6, що жорстко зв'язаний з мембраною 2. Відбувається такт нагнітання перекачуваної рідини з насосної камери 3 в напірний трубопровід через нагнітальний клапан 35.

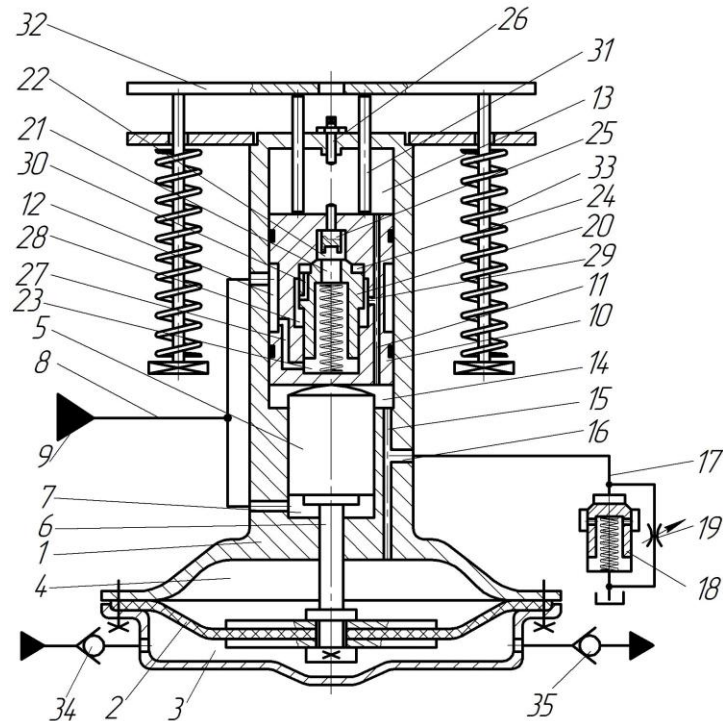


Рисунок. Конструктивна схема гідроприводного мембранного насоса

Тиск в зливній магістралі 17, що забезпечується підпірним клапаном 18 і регульованим дроселем 19, утримує триступінчастий клапан 20 у відкритому положенні. Під час такту всмоктування витрата через підпірний клапан 18 і регульований дросель 19 за рахунок заповнення робочою рідиною проміжної камери 4 зменшується до значення, при якому підпірний клапан 18 закривається, а перепад тиску на регульованому дроселі 19 недостатній для утримання триступінчастого клапана 20 відкритим, тиск в замкненій порожнині 24 та кільцевій розточці 28 падає до зливного і триступінчастий клапан 20 закривається, а робоча рідина із замкненої порожнини 24 через дросельний канал 30 перетікає в кільцеву розточку 28, чим забезпечується надійна посадка триступінчастого клапана 20 на сідло, виконане у тілі проміжного поршня 10. Далі цикл повторюється.

Як приводна гідросистема 13 може використовуватись насос з електро- або дизельним двигуном, гідравлічна система пересувних транспортних засобів та ін. Наявність підпірного клапана 18 у зливній магістралі 17, а також можливість перетоку робочої рідини при відкритті триступінчастого клапана 20 у проміжну камеру 4 суттєво сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії насоса і покращенню стабільності його роботи.

Крім того, відповідний вибір співвідношення площ ступенів  $f_1 < f_3 < f_2$  забезпечує відкриття і надійну фіксацію у відкритому положенні триступінчастого клапана 20 до досягнення гідросистемою зливного тиску.

Було проведено попередні дослідження якості функціонування експериментального зразка мембранного насоса з гідравлічним приводом. Експериментальні дослідження показали задовільні результати роботи насосного агрегату, які підтверджують наші попередні теоретичні дослідження за математичними моделями, що наведені в [2, 8, 9], при відповідному коригуванні вихідних даних згідно запропонованого конструктивного виконання.

### Висновки

Перекачування окремих середовищ традиційними засобами в ряді випадків неефективне, оскільки пов'язане з додатковими витратами або різного роду складнощами. Для вирішення подібних задач в багатьох країнах світу починають отримувати все більше розповсюдження мембранні насоси, які за інформаційними даними, є типом сучасних насосів, що найбільш швидко розвиваються. Дані насоси відрізняються простотою конструкції і мають цілий ряд переваг, а саме: малу енергоємність; невеликі габарити і вагу; можливість приводу як від стаціонарного гідронасоса із електродвигуном, так і від гідросистеми базової машини, наприклад, трактора, екскаватора тощо; плавне регулювання амплітуди, частоти і збуджуючої сили коливань робочого органу, що дозволяє застосовувати їх для перекачування практично будь-яких речовин. При цьому вони повністю герметичні, що особливо важливо, враховуючи міжнародні екологічні стандарти, які постійно підвищуються.

### Список літератури

1. Михеев А. Ю. Исследование характеристики и повышение надежности насосов перистальтического принципа действия: Дис... канд. техн. наук / УГТУ. – Уфа, 2004. – 152 с.
2. Петрусь В. В., Коц І. В. Математична модель гідроприводу помпуючого вузла мембранного насоса // Науково-технічний журнал “Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ”. – 2006. – № 4 (21). – С. 73-77.
3. Новые перспективные разработки по ликвидации последствий // Интервал. – 2002. – № 9. – С. 4-6.
4. Ременский П. П. Очистка резервуаров от нефтепродуктов // Энергетик. – 2002. – № 3. – С. 28
5. Матвеев И.Б. Машины ударного и вибрационного действия. – М.: Машиностроение, 1974. – 184 с.
6. Лепешкин А.В. и др. Гидравлика и гидропневмопривод: Ч. 2: Гидравлические машины и гидропневмопривод. – М.: МГИУ, 2005. – 351 с.
7. Патент України на корисну модель № 29362. МПК<sub>7</sub> F04B 43/06. Гідроприводний мембранний насос / Коц І. В., Петрусь В. В. та ін. // Реєстраційний номер заявки u200710316; Заявл. 17.09.2007. Опубл. 10.01.2008. Бюл. №10.
8. Петрусь В.В., Коц І.В. Теоретичні засади створення математичної моделі гідроприводу поршневого насоса // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2006. – № 5. – С. 45-49. Коц І.В.
9. Петрусь В.В. Дослідження мембранного насоса з гідравлічним автоматом реверса // Вібрації в техніці та технологіях. – 2006. – № 2 (44). – С. 28-33.