

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра будівельних, колійних та вантажно-
розвантажувальних машин**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни

***«МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ
ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ
ТА ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН»***

Частина 1

Харків – 2018

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин 26 грудня 2017 р., протокол № 5.

Методичні вказівки призначені для аспірантів, що вивчають курс «Методи випробування та оцінка якості підйомно-транспортних та землерийних машин».

Укладачі:

доценти А. В. Євтушенко,
А. М. Кравець

Рецензент

доц. Г. М. Афанасов

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять

з дисципліни
*«МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ
ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ
ТА ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН»*

Частина 1

Відповідальний за випуск Євтушенко А. В.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 26.02.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,75. Тираж 20. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Практична робота 1. Дослідження впливу дозованого введення присадок у рідкі мастильні матеріали..... | 4 |
| Практична робота 2. Дослідження особливостей конструкції гідродинамічних диспергаторів та диспергуючих пристроїв..... | 17 |

Практична робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОЗОВАНОГО ВВЕДЕННЯ ПРИСАДОК У РІДКІ МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Загальні відомості

Майже у всіх вузлах, агрегатах та системах машин, у тому числі і будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних, для поліпшення умов роботи пар тертя застосовуються мастильні матеріали, які призначені для зменшення зношування, втрат енергії на тертя, відведення тепла тощо. Досить значна кількість із цих мастильних матеріалів перебувають у рідкому стані, тобто це оливи. Для надання і закріплення певних властивостей при виготовленні рідких мастильних матеріалів у базові оливи додаються присадки різноманітної дії. Залежно від композиції та концентрації цих присадок мастильні матеріали набувають різних експлуатаційних властивостей.

Експлуатаційні властивості мастильних матеріалів у процесі їх експлуатації погіршуються. Однією із головних причин цього є «спрацьовування» пакета присадок. Під «спрацьовуванням» присадок розуміють, що виконуючи свої функції, вони втрачають потрібні властивості, перетворюються на інші речовини, осідають на фільтроелементах разом із забрудненнями тощо. Як показують результати різноманітних досліджень і розрахунків, збільшення початкової концентрації присадки у мастильному матеріалі для подовження терміну її ефективної дії є економічно недоцільним.

Підтримати на належному рівні експлуатаційні властивості мастильного матеріалу протягом усього терміну експлуатації можна шляхом періодичного або постійного дозованого введення в нього присадки або збалансованого пакета присадок (бажано того ж що застосовується і при виготовленні цього мастильного матеріалу). Здійснити це можна шляхом застосування пристроїв для дозованого введення присадок, конструкція, принцип дії та основи розрахунку яких розглядаються у цих методичних вказівках.

Наведені в методичних вказівках дані призначені для ознайомлення з одним із методів покращення

протиспрацьовувальних властивостей рідких мастильних матеріалів, вивчення конструкції пристроїв для дозованого введення присадок, принципу їх дії та методики розрахунку основних технологічних параметрів.

Завдання

1 Ознайомитися із способами і методиками дозованого введення присадок у мастильні матеріали.

2 Проаналізувати конструкції існуючих пристроїв для дозованого введення присадок.

3 Дослідити вплив геометричних параметрів пристрою для дозованого введення присадок на процес введення присадки.

4 Вивчити конструкцію та принцип дії краплинного дозатора для введення присадок.

Теоретичні положення

Дозоване введення присадок можна здійснювати як механічним шляхом (періодичним доливанням, безперервним дозуванням механічними дозаторами), так і за допомогою спеціальних носіїв, подача присадок з яких здійснюється шляхом поступового розчинення та дифузії.

Існує метод дозованого уведення, оснований на покритті паперу фільтроелементів присадкою, яка з часом розчиняється в оливі. Принциповою проблемою, пов'язаною з системами подачі присадки з паперу, який покрито присадкою, стало значне зростання швидкості розчинення. Крім того, на папір можна нанести обмежену кількість присадки, яка до того ж погіршує фільтрацію. Було розроблено і запатентовано багато різноманітних пристроїв для дозованого уведення присадок у рідкі мастильні матеріали, які мали різні способи дії. У деяких з них присадки подавалися у рідкому стані зі спеціального резервуара у мастильний матеріал. В інших пристроях мастильний матеріал, циркулюючи по системі, проходив через спеціальні вузли, що містять касети із активними елементами, які після потрапляння до мастильного матеріалу покращують його властивості. Також був розроблений метод «зв'язування»

(стримування) дії присадок, які містяться у мастильних матеріалах, за допомогою спеціальних хімічних речовин – «основних з'єднань», які розчинялися (руйнувалися) під дією високих температур, звільняючи присадку.

Поряд з безперервним і періодичним додаванням присадок механічними способами застосовують і інші способи дозованого уведення присадок з використанням дифузійних процесів. У цих випадках для присадок використовують ємкості з матеріалів, фізико-хімічні властивості яких забезпечують потрапляння присадок у мастильний матеріал під час його контакту з цими матеріалами. Для таких матеріалів – носіїв присадок застосовують різні пористі речовини. Носії насичують присадками, а потім розміщують у спеціальній ємкості на лінії циркуляції матеріалу. При циркуляції нагрітого мастильного матеріалу відбувається інтенсивний масообмін з пористим носієм присадок. Змінюючи поверхню носія, витрату матеріалу через лінію циркуляції та інші показники, можна підібрати режим дозування присадки, найбільш близький до темпу її спрацьовування. Існує також система дозованого уведення присадок з використанням за носія полімерів, які повільно розчиняються у мастильному матеріалі. Розплавлений полімер змішують з присадками. Суміш охолоджують і у твердому вигляді поміщають у корпус оливного фільтра. Під час циркуляції мастильного матеріалу полімер повільно у ньому розчиняється, а разом з ним розчиняються і присадки.

Підтримка концентрації присадок на заданому рівні особливо доцільна при роботі машин у тяжких умовах: частих пусках і зупинках систем машин, застосуванні важко навантаженого транспорту у відкритих кар'єрах, портах, складських приміщеннях та ін. У таких умовах спостерігається особливо прискорене старіння мастильного матеріалу і вичерпання (спрацьовування) запасу присадок.

Для забезпечення дозованого введення присадок їх композицію поміщають у тонкостінний пластмасовий контейнер, який виготовлено з матеріалів, що не розчиняються у вуглеводневих мастильних матеріалах: поліпропілену і співполімеру, пропілену й етилену. Контейнер установлюють у корпусі оливного фільтра на лінії циркуляції матеріалу. Дозоване

уведення здійснюється шляхом дифузії присадок через стінки контейнера. Швидкість потрапляння присадок до мастильного матеріалу залежить від матеріалу і товщини стінок контейнера, швидкості циркуляції і, особливо, від температури мастильного матеріалу. Підвищення швидкості дозування присадок з температурою у всіх методах дозованого введення, оснований на дифузії, має велике значення, тому що перегрів мастильного матеріалу призводить до збільшення швидкості його старіння і спрацьовування присадок.

Як відомо, зі зниженням температури на 10 °С швидкість дифузії зменшується приблизно удвічі. Тому, якщо параметри полімерного носія присадок забезпечують потрібну швидкість дозованого введення присадок при температурі, яка характерна для працюючої системи, то при низьких температурах (тривалий простій машини) швидкість дифузії присадок зменшується в 50...100 разів. Така залежність швидкості дифузії від температури надає полімерним носіям властивості поповнювати мастильний матеріал присадками тільки тоді, коли їх запас інтенсивно зменшується, тобто під час роботи системи.

Відомий пристрій (рисунок 1), який забезпечує додавання присадки до мастильного матеріалу і дає змогу збільшити надійність системи змащування шляхом поліпшення якості змішування присадки з матеріалом. Від генератора ДВЗ 1 через блок електроживлення напруга підводиться до датчика часу, який починає працювати і відраховувати час роботи ДВЗ.

Після заданого часу, який експериментально встановлено або теоретично розраховано для конкретного типу ДВЗ та режимів роботи,

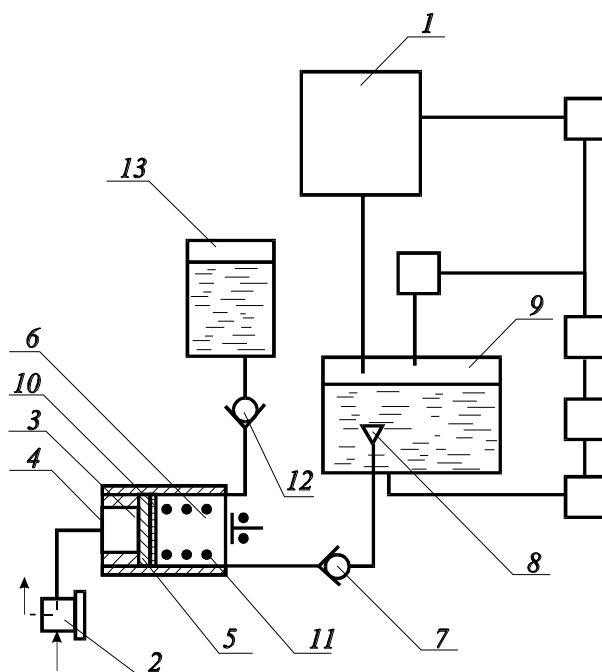


Рисунок 1 – Пристрій для введення присадки

спрацьовує датчик часу і замикає нормально розімкнені контакти в ланцюзі живлення обмотки електромагнітного клапана 2. Через електромагнітний клапан 2 стиснене повітря потрапляє у надпоршневу порожнину 3 дозатора 4 і діє на поршень 5, який переміщується у крайнє праве положення, видавлюючи присадку з порожнини 6 дозатора 4 через зворотний клапан 7, розпилувач 8 до оливного бака 9. При досягненні поршнем 5 крайнього положення магніт 10 розмикає нормально замкнуті контакти. При цьому електромагнітний клапан 2 перекриває подачу стисненого повітря в надпоршневу порожнину 3 дозатора 4 і пов'язує її з атмосферою. Поршень 5 під впливом пружини 11 повертається у початкове положення, засмоктуючи через зворотний клапан 12 чергову порцію присадки з ємкості 13 і забезпечує замикання контактів. Система стає у початкове положення і дозатор готовий до видачі чергової порції присадки.

На рисунку 2 наведена схема пристрою для системи змащування ДВЗ. Призначенням цього пристрою є підвищення ефективності роботи системи змащування шляхом підтримки експлуатаційних показників мастильного матеріалу на заданому рівні. Це досягається встановленням в оливний бак 1 датчика 2 якості оливи з чутливим елементом 3, який через блок керування пов'язаний з насосом 4, на виході якого встановлено зворотний клапан 5. Цей насос розташований на трубопроводі, який сполучає ємкість 6 для присадки з оливним баком 1. При погіршенні якості мастильного матеріалу до визначеної величини вмикається насос 4. Одночасно вмикається реле часу, яке через визначений час вимикає насос 4 і таким чином припиняє подачу присадки.

Схема системи змащування ДВЗ зображена на рисунку 3. Ємкість 1 заповнюють присадкою. Частина присадки через вхідний отвір 2 переливається в дозуючий пристрій 3 і заповнює його.

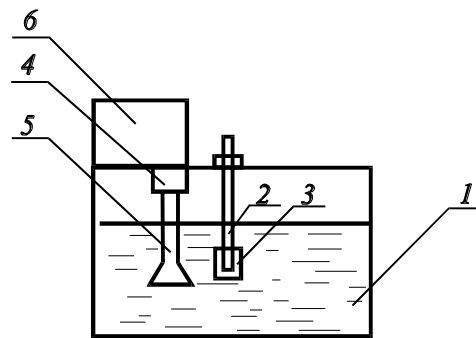


Рисунок 2 – Схема пристрою для системи змащування ДВЗ

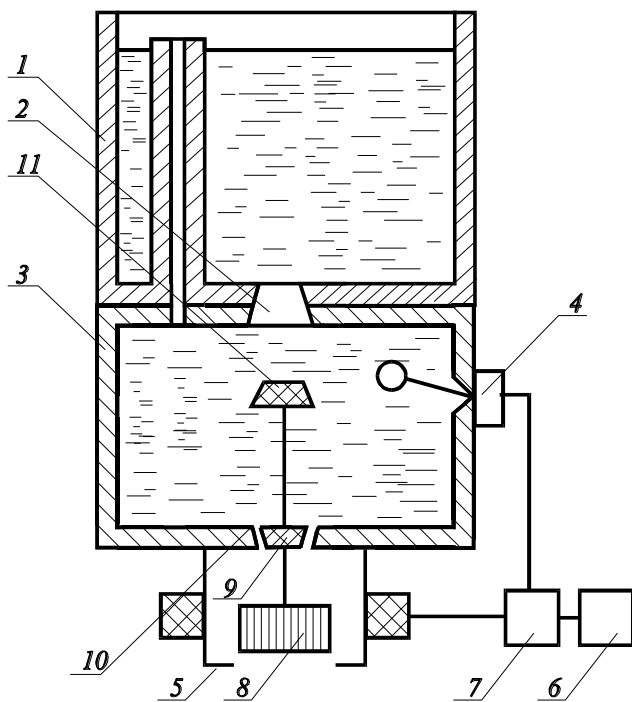


Рисунок 3 – Схема системи змащування ДВЗ

Поплавок датчика рівня 4 підіймається в крайнє верхнє положення, його контакти замикаються й електромагніт 5 підключається до блока 6 живлення. Через деякий час спрацьовує датчик 7 часу і осердя 8 електромагніта 5 рухається уверх. Твердо зв'язаний з осердям 8 запірний елемент 9 відкриває вихідний отвір 10, а запірний елемент 11 закриває вхідний отвір 2 дозуючого пристрою 3. Присадка з дозуючого пристрою 3 через відкритий вихідний отвір 10 і отвір у

корпусі електромагніта 5 потрапляє до оливного резервуара. При зниженні рівня присадки в порожнині дозуючого пристрою спрацьовують контакти датчика 4 й осердя 8 починає рухатися вниз, при цьому запірний елемент 11 відкриває вхідний отвір 2, а запірний елемент 9 закриває вихідний отвір 10. Визначена частина присадки через отвір 2 знову потрапляє до дозуючого пристрою і поплавок датчика 4 рівня підіймається уверх. Таким чином, визначені дози присадки періодично надходять до системи змащування двигуна і компенсують спрацьовану частину присадки.

Пристрій, який наведено на рисунку 4, призначений для подачі присадки до системи змащування ДВЗ. Під час роботи ДВЗ напруга від генератора 1 через блок 2 живлення підводиться до лічильника 3 годин роботи ДВЗ.

Після заданого часу лічильник 3 спрацьовує і замикає контакт 4. Спрацьовує соленоїд і шток 5 переміщується угору. Клапан 6 відкриває отвір 7 і закриває отвір 8. Доки шток утримується сифоном у верхньому положенні, присадка виливається з відсіку 9 до картера 10 ДВЗ. Потім шток

повертається у початкове положення і нижній відсік 9 знов заповнюється присадкою з верхнього відсіку 11.

Переважна більшість наведених вище пристроїв призначена для здійснення дозованого уведення присадок у системи змащення ДВЗ. Але ці пристрої, очевидно, можна застосовувати і для інших систем, наприклад гідроприводів, урахувавши при проектуванні, виготовленні й монтажі особливості конструкції і роботи цих систем.

Наведені вище конструкції пристроїв для дозованого введення присадок далеко не завжди є зручними у практичному застосуванні. Деякі з них відзначаються складністю конструкції (а як наслідок, і високою вартістю), деякі мають низьку ефективність або потребують застосування дорогого спеціалізованого обладнання і дефіцитних матеріалів, деякі мають недостатньо високу технологічність. Очевидно, що пристрій, призначений для дозованого уведення присадки до мастильного матеріалу, має бути позбавлений зазначених недоліків, конструктивно та технологічно простим, ефективним і не викликати труднощів щодо розташування його у машинах різного призначення.

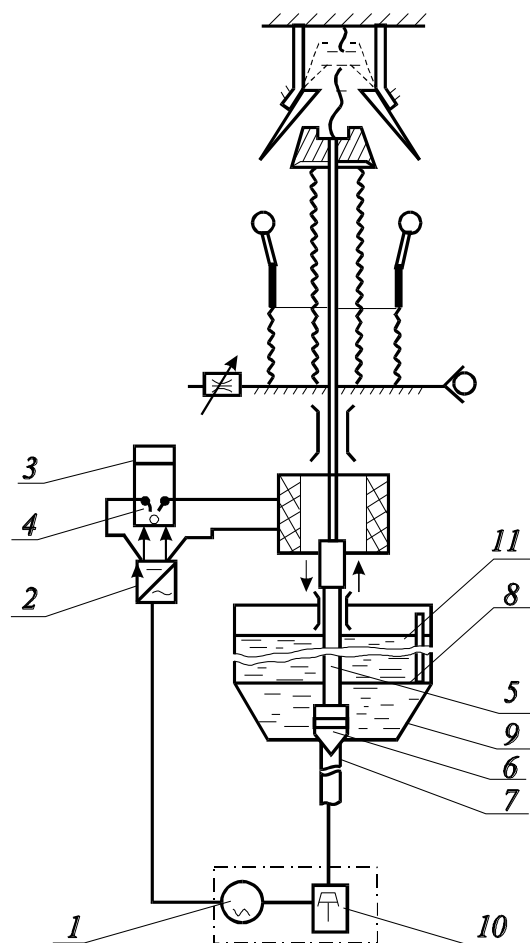


Рисунок 4 – Пристрій для подачі присадки до системи змащування ДВЗ

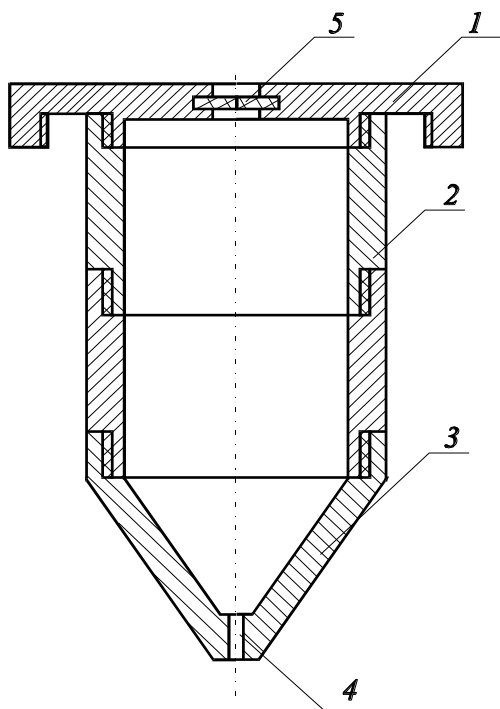


Рисунок 5 – Контейнер для дозованого уведення присадок

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитись із запропонованою конструкцією контейнера для дозованого уведення присадки в мастильні матеріали (рисунок 5) та принципом його дії.

Контейнер складається з кришки 1, корпусу 2, у якому розміщується присадка, конусної насадки 3, яка має невеликий отвір 4 капілярного типу, крізь який виходить присадка. Для з'єднання з атмосферою кришка має повстинний фільтр 5.

Концентрація присадки повинна бути у визначених межах залежно від маси мастильного

матеріалу у системі. Тому корпус контейнера має модульну конструкцію та зроблений розбірним, а складові частини з'єднуються різью. Це дає можливість змінювати об'єм контейнера згідно з об'ємом присадки, яку потрібно додати до мастильного матеріалу.

Запропонований контейнер досить простий конструктивно, технологічний. Для його виготовлення не потрібні дефіцитні і дорогі матеріали, а також спеціальне технологічне обладнання. Модульна конструкція контейнера забезпечує можливість використання його у машинах і системах будь-якого призначення з різними об'ємами мастильних матеріалів.

Швидкість уведення присадки до мастильного матеріалу, відповідно кількість присадки залежить від швидкості її спрацьовування. Використовуючи контейнер, дозоване уведення присадки можна здійснювати згідно з двома механізмами: за рахунок дифузії або гідродинаміки. Вибір того або іншого шляху дозованого уведення присадки до мастильного матеріалу залежить від необхідної швидкості уведення і впливає на конструкцію контейнера. Якщо уведення присадки здійснюється

за рахунок дифузії, то у кришці 1 контейнера відсутній повстинний фільтр 5 і немає отвору в кришці. Якщо швидкість дозованого уведення присадки за рахунок дифузії занадто мала, то вивільнення присадки можна здійснювати за рахунок гідродинаміки.

2 Визначити потрібний радіус капіляра пристрою для дозованого введення присадки (рисунок 5) r , м, при заданих параметрах системи (таблиця 1), у яку цей пристрій має бути встановлений, за відомою з літератури залежністю, побудованою на рівнянні Пуазейля:

$$r = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot Q \cdot \eta \cdot l}{n \cdot \pi \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \tau}}, \quad (1)$$

де r – радіус капіляра, м;

Q – потрібна кількість присадки, м³;

η – динамічна в'язкість присадки, $\eta = 0,0125$ Па·с;

l – довжина капіляра, м;

n – кількість капілярів, $n = 1$;

ρ – густина присадки, $\rho = 890$ кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – середня висота присадки у контейнері, м;

τ – час вивільнення присадки, год. Прийняти рівним нормативному терміну служби рідини у системі.

Потрібна кількість присадки Q приймається для проектного розрахунку рівною початковій кількості присадки у мастильному матеріалі.

Дослідити залежність між геометричними параметрами капіляра пристрою для дозованого уведення присадки та параметрами мастильного матеріалу і системи, використовуючи вихідні дані (таблиця 1). Побудувати графік дослідженої залежності.

3 Визначити концентрацію присадки C_τ , %, при закінченні терміну експлуатації мастильного матеріалу

$$C_\tau = C_0 \cdot e^{-k \cdot \tau}, \quad (2)$$

де C_0 – початкова концентрація присадки, %;

k – константа швидкості спрацьовування. Визначається дослідним шляхом для кожного матеріалу, $k = 4,9 \cdot 10^{-4}$;

τ – термін експлуатації мастильного матеріалу, год.

Дослідити залежність концентрації присадки C_τ у момент часу τ при заданій початковій концентрації від початку експлуатації мастильного матеріалу до досягнення кінцевого терміну. Побудувати графік залежності $C_\tau = f(\tau)$.

Таблиця 1 – Вихідні дані

| Вар. | Об'єм системи, л | Мастильний матеріал | Початкова (мінімально допустима) концентрація присадки, % від об'єму | Термін служби мастильного матеріалу, год | Довжина капіляра, мм | Середня висота присадки в контейнері, мм | Залежність для дослідження та побудови графіка |
|------|------------------|--------------------------|--|--|----------------------|--|--|
| 1 | 1200 | МГЕ-46В | 1 (0,5) | 1200 | 12 | 160 | $r = f(l)$ |
| 2 | 46 | М-10-Г ₂ (к) | 1,2 (0,85) | 500 | 10 | 200 | $l = f(r)$ |
| 3 | 14 | ТСп-14Гип | 1,8 (1,1) | 1000 | 8 | 150 | $n = f(r)$ |
| 4 | 90 | ГТ-50 | 2,25 (1,45) | 900 | 15 | 220 | $Q = f(r)$ |
| 5 | 1250 | М-14-Г ₂ (цс) | 2,1 (1,55) | 600 | 8 | 160 | $r = f(l)$ |
| 6 | 125 | ВМГЗ | 3,2 (1,5) | 1500 | 10 | 140 | $l = f(r)$ |
| 7 | 12 | М-8-В | 0,8 (0,65) | 450 | 12 | 180 | $n = f(r)$ |
| 8 | 42 | ТАД-17и | 1,65 (1,05) | 900 | 15 | 200 | $Q = f(r)$ |
| 9 | 220 | Тп-22 | 1 (0,6) | 1000 | 10 | 140 | $r = f(l)$ |
| 10 | 60 | КС-19п | 2,1 (0,5) | 3000 | 12 | 150 | $l = f(r)$ |
| 11 | 160 | ВНИИНП-403 | 1,25 (0,8) | 850 | 8 | 160 | $n = f(r)$ |
| 12 | 160 | М-14-В ₂ | 2,2 (1,6) | 650 | 12 | 200 | $Q = f(r)$ |
| 13 | 35 | ТСп-15К | 1,6 (1,1) | 800 | 10 | 180 | $r = f(l)$ |
| 14 | 790 | АМГ | 0,95 (0,6) | 1000 | 8 | 140 | $l = f(r)$ |
| 15 | 22 | М-6з/12-Г ₁ | 1,6 (1,25) | 480 | 15 | 180 | $n = f(r)$ |
| 16 | 455 | ИГП-30 | 2,3 (1,1) | 1500 | 12 | 160 | $Q = f(r)$ |

4 Визначити час спрацьовування присадки $t_{БР}$, год, до мінімально допустимої концентрації

$$t_{БР} = \frac{1}{k} \cdot \ln \frac{C_0}{C_{min}}, \quad (3)$$

де C_{min} – мінімально допустима концентрація присадки.

5 Вивчити конструкцію та принцип дії краплинного дозатора для введення присадки (рисунок 6).

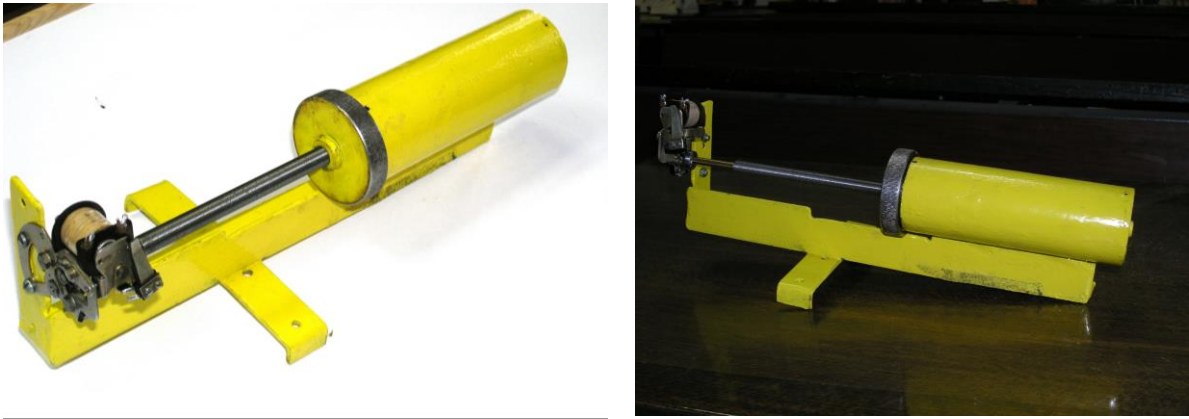


Рисунок 6 – Загальний вигляд краплинного дозатора для введення присадок

Краплинний дозатор для введення присадок містить у собі (рисунок 7) ємкість для присадки 1, поршень 2 з ущільнювальним кільцем 3, який з'єднаний з мікрометричним гвинтом 4 за допомогою кульки 5, корпус 6 з кришкою 7 та відповідною гвинту мікрометричною різью, крокове реле 8 з валом 9, на кінці якого встановлена шпонка 10 і який має можливість передавати кутовий момент мікрометричному гвинту 4, усередині якого зроблено поздовжній паз під шпонку 11 вала 9, у корпусі 6 зроблені отвори 12 для витискання присадки, а також для входу повітря при пересуванні поршня 2 при роботі пристрою.

Краплинний дозатор для введення присадок працює таким чином. При надходженні електричного сигналу на крокове реле 8 його вал 9 повертається на певний кут, величина якого визначається конструкцією крокового реле 8, за допомогою шпонки 10 кутовий момент передається мікрометричному гвинту 4, усередині якого зроблено поздовжній паз під шпонку 11. Це дає можливість мікрометричному гвинту 4, який установлений у кришці 7 з відповідною мікрометричною різью, обертатися разом

з валом 9 електродвигуна 8 та пересувати в поздовжньому напрямку поршень 2 через кульку 5. При пересуванні поршня 2 за схемою праворуч ємкість 1 з присадкою зменшується і витискається краплина присадки. Отвори 12 у корпусі 6 призначені для витискання присадки, а також для входу повітря при пересуванні поршня 2 при роботі пристрою.

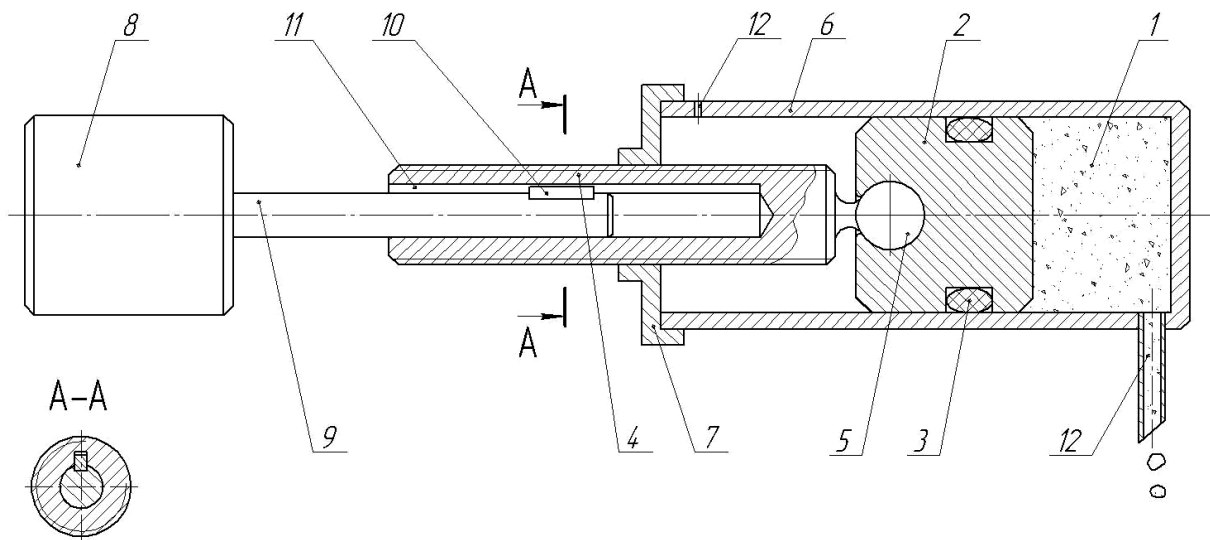


Рисунок 7 – Конструкція краплинного дозатора для уведення присадок

Для заправки свіжої присадки відкривається кришка 7, витягується поршень 2 та заливається нова присадка.

Запропонований пристрій дає змогу надійно, точно (покраплинно) дозувати присадки з регульованою швидкістю їх уведення, досить тривалий час та в автоматичному режимі без участі людини.

6 Скласти звіт про роботу.

Зміст звіту

Звіт про практичну роботу повинен містити таку інформацію:

- назва роботи;
- основні теоретичні відомості за темою роботи;
- стисле викладення порядку проведення роботи;

- схематичне зображення краплинного дозатора для уведення присадки та контейнера із капіляром;
- графіки з результатами проведених досліджень: графік залежності $C_{\tau} = f(\tau)$ і графік згідно із завданням (таблиця 1);
- користуючись програмою Word або Excel, побудувати на графіках рівняння регресії;
- визначити величину достовірності апроксимації;
- проаналізувати і зробити висновок: яке рівняння регресії найбільш відповідає раніш побудованому графіку проведених досліджень;
- висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Обґрунтуйте доцільність дозованого уведення присадок у мастильні матеріали.
- 2 Опишіть основні методи дозованого уведення присадок у рідкі мастильні матеріали.
- 3 Поясніть принцип дії системи дозованого уведення присадок, наведеної на рисунку 1.
- 4 Опишіть роботу пристрою для уведення присадки, зображеного на рисунку 6.3.
- 5 Як працює пристрій для подачі присадки до системи змащування ДВЗ, зображений на рисунку 4?
- 6 Які переваги має контейнер для уведення присадки, зображений на рисунку 5?
- 7 Які механізми уведення присадки можуть бути реалізовані при застосуванні контейнера, зображеного на рисунку 5?
- 8 Від яких параметрів залежить радіус капіляра контейнера для дозованого уведення присадки, зображеного на рисунку 5?
- 9 Як залежить концентрація присадки у мастильному матеріалі від терміну його служби?
- 10 Як працює краплинний дозатор для уведення присадки?
- 11 У чому полягають переваги краплинного дозатора для уведення присадки перед іншими наведеними в роботі пристроями?

Практична робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ДИСПЕРГАТОРІВ ТА ДИСПЕРГУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Загальні відомості

Покращення протиспрацьовувальних властивостей рідких мастильних матеріалів (моторних, трансмісійних та інших видів олив і робочих рідин гідроприводів) у процесі експлуатації є досить актуальним питанням, оскільки дає змогу не тільки зменшити зношування пар тертя механізмів і машин, а й збільшити можливий термін служби самих мастильних матеріалів. На цей момент існує декілька способів впливу на протиспрацьовувальні властивості олив, які здебільшого ґрунтуються або на видаленні з олив забруднюючих домішок та води, або у додаванні в оливи добавок, що призначені для покращення їх мастильних та антифрикційних властивостей.

Але існує спосіб впливу на протиспрацьовувальні властивості мастильних рідин, при якому частинки домішок, що в них містяться, не видаляються, а подрібнюються до розмірів, менших ніж робочі зазори у парах тертя, які змащуються цією рідиною. Такий спосіб називається *диспергуванням*. Подрібнені до певного розміру частинки, потрапляючи у зазори між парами тертя, не контактують із тілом деталей, і тим самим не роблять на них абразивного впливу.

На цей момент розроблено та застосовується декілька конструкцій диспергуючих пристроїв, які відрізняються механізмом впливу на забруднюючі домішки. Усі вони мають певні переваги і певні недоліки. Вибір типу диспергуючого пристрою виконується для кожного конкретного випадку окремо і залежить від багатьох факторів: природи забруднень, швидкості їх накопичення у рідині, потрібної або можливої швидкості обробки, типу мастильної рідини тощо.

Мета роботи

- 1 Ознайомлення з різновидами диспергуючих пристроїв.
- 2 Визначення геометричних параметрів гідродинамічного диспергатора та дослідження впливу на них параметрів робочого процесу системи, у яку він вбудовується.

Завдання

- 1 Вивчити конструкції та принцип дії існуючих диспергаторів.
- 2 Визначити геометричні розміри гідродинамічного диспергатора для вбудовування у систему із заданими параметрами та дослідити вплив цих параметрів на геометричні розміри гідродинамічного диспергатора.
- 3 Скласти звіт про роботу.

Теоретичні положення

Багато вчених-трибологів у своїх роботах висловлювали й експериментально доводили думку про корисний вплив дрібнодисперсних частинок механічних домішок на протиспрацьовувальні властивості рідких мастильних матеріалів (олив).

Позитивна дія дрібних частинок на властивості олив пояснюється тим, що такі частинки, маючи розвинуту питому поверхню, здатні адсорбувати на собі полярно-активні продукти окислення оливи, які ізолюють таким чином абразивні механічні домішки від поверхонь тертя і запобігають зношуванню. Можливість адсорбції визначається тим, що у момент відриву від поверхні тертя частинки зносу мають спотворені кристалічні решітки і тому термодинамічно здатні максимально адсорбувати на собі поверхнево-активні речовини (ПАР), якими є продукти окислення. При цьому, чим вища дисперсність частинок, тим більша їх адсорбційна активність. Абразивні частинки та пил, що проникають в оливу з навколишнього середовища, при розмірах 5 мкм і менших також мають високу адсорбційну здатність. Якщо частинки не мають на своїх поверхнях захисної оболонки, вони

здатні викликати інтенсивне зношування. Це спостерігається тоді, коли частинки мають розмір, більший ніж 5 мкм, і адсорбційна дія або не виявляється взагалі, або дуже слабка.

Крім того, дрібнодисперсні частинки здатні знизити питомі навантаження між поверхнями тертя, оскільки заповнюють западини мікровиступів і нівелюють поверхні тертя.

Деякі дослідники стверджують, що дрібні частинки виконують функції притиральної пасти, яка забезпечує постійне припрацювання контактуючих деталей. При цьому частинки забруднень дисперсно розділяють поверхні тертя, а наявність адсорбованих плівок перетворює частинки в хімічно неагресивні щодо оливи компоненти.

Дрібні частинки, зважені в оливі, підвищують її протизадирні властивості, оскільки при миттєвих контактах виступів шорсткостей деталей у першу чергу з поверхнями тертя контактують механічні домішки. Частинки розміром до 5 мкм сприяють зменшенню швидкості окислення оливи і падінню її лужності, знижують на 20...50 % забрудненість робочих рідин гідроприводів і подвоюють терміни їх служби.

Вважається, що до зношування поверхонь призводять тільки ті абразивні частинки, розмір яких більший від товщини оливної плівки. Тому, диспергуючи частинки або збільшуючи товщину плівки, можна досягти зменшення кількості частинок, що беруть участь у зношуванні. Причому ці частинки не тільки прискорюють припрацювання, але й значно зменшують силу тертя в контакті.

Якщо найбільший розмір частинок забруднень менший від величини зазора, то такі частинки разом з оливою вільно проходять через нього, не викликаючи пошкодження поверхні. Частинки, значно більші ніж розмір зазора, в нього не потрапляють, проте можуть викликати часткову або повну закупорку і погіршення умови потрапляння оливи в зазор.

З метою штучного подрібнення крупних механічних домішок були створені спеціальні пристрої – диспергатори, які мають декілька можливих конструкцій залежно від механізму дії їх на частинки забруднень (рисунки 8).



Рисунок 8 – Класифікація методів диспергування і диспергуючих пристроїв

Згідно з наведеною класифікацією диспергування може бути здійснено двома способами: за рахунок ударних хвиль, що виникають при закритті кавітаційних порожнин, і за рахунок удару об перепону частинок, що рухаються із потоком оливи.

Ультразвуковий випромінювач з консольним кріпленням пластини-резонатора (рисунок 9) містить корпус 1, виготовлений разом з утримувачем 2, у якому закріплена пластина-резонатор 3. Його принцип роботи полягає в тому, що олива під тиском

надходить у сопло 4 і у вигляді плоского струменя натікає на пластину-резонатор, що приводить до утворення завихрень. Коливання струменя і завихрення, що циклічно чергуються, вступають у резонанс, викликаючи кавітацію, і як наслідок, диспергування частинок. Випромінювач має високу стійкість резонансного режиму і при роботі в оливах генерує спектр пружних коливань максимальною інтенсивністю 2 Вт/см^2 . Оптимальний тиск на вході у випромінювач складає $0,45 \dots 0,5 \text{ МПа}$ при розмірі вихідної щілини $10 \times 1 \text{ мм}$.

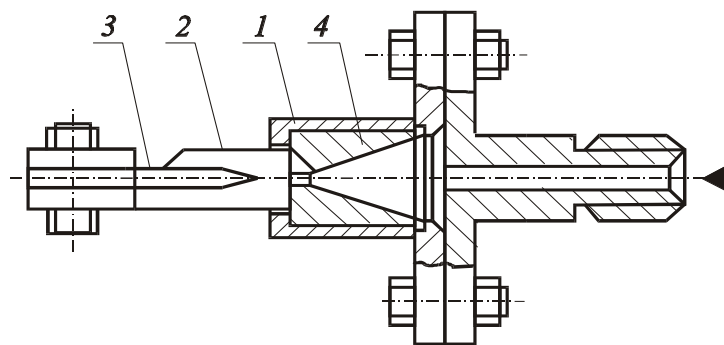
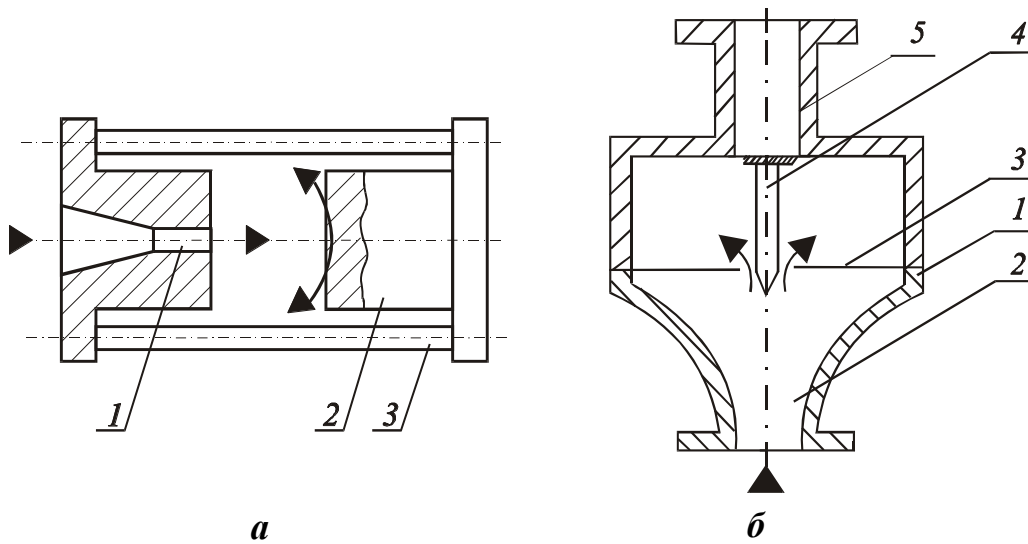


Рисунок 9 – Ультразвуковий гідродинамічний диспергатор

Основним елементом ультразвукового випромінювача стержневого типу (рисунок 10, а) є конусне сопло 1, перешкода-утримувач 2 і коливальна резонансна система у вигляді стержнів 3, розташованих уздовж загальної осі сопла й утримувача. Диспергатор може бути виконаний або у вигляді набору скріплених по краях стержнів, або у вигляді порожнистого циліндра з пазами, що профрезовані уздовж його твірних. Пульсації кавітаційної області створюють змінні поля швидкостей і тиску, які порушують у стержнях 3 коливання згину на їх власній частоті, забезпечують випромінювання, підвищують інтенсивність і монохроматичність процесу.

Принцип роботи ультразвукового гідродинамічного випромінювача мембранного типу (рисунок 10, б) полягає у подачі оливи через вхідний патрубок 1 у порожнину 2, обмежену мембраною 3, у центрі якої прорізана вузька прямокутна щілина. Між консольно закріпленою пластиною 4 і кромками щілини збуджуються інтенсивні коливання вібруючого елемента, унаслідок чого відбувається диспергування, після чого олива через вихідний патрубок 5 надходить у систему.



а – стержневого типу; б – мембранного типу
 Рисунок 10 – Ультразвукові гідродинамічні випромінювачі

У диспергаторі роторного виконання (рисунок 11) з пульсуючим потоком рідини робочим органом є набір перфорованих нерухомих 5 і 4 дисків, що обертаються, розташованих на валу 7 у циліндровому корпусі 1. Олива через вхідний патрубок 2 надходить на крильчатку 3, що обертається з великою частотою і просувається послідовно через прорізи в дисках усіх ступенів ротора і статора. У результаті швидкого поєднання і перекриття прорізів у дисках в оливі виникають змінні поля швидкостей і тиску, що спричиняють кавітацію, яка руйнує частинки механічних домішок.

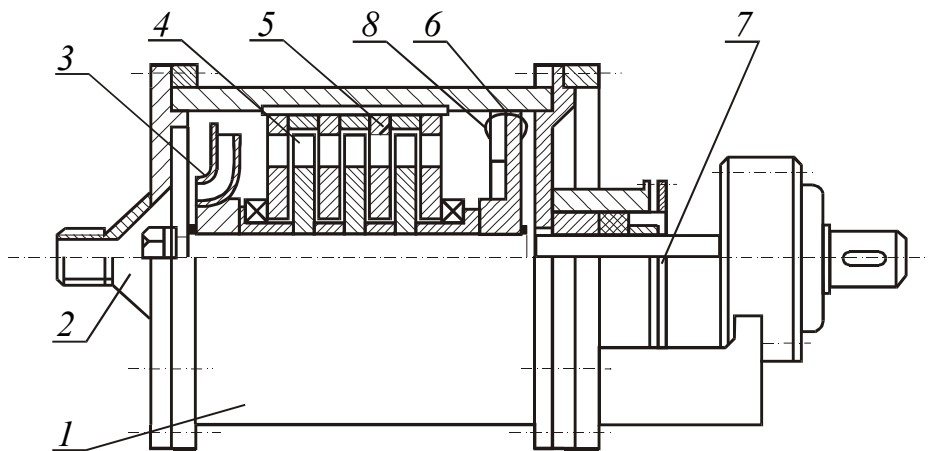
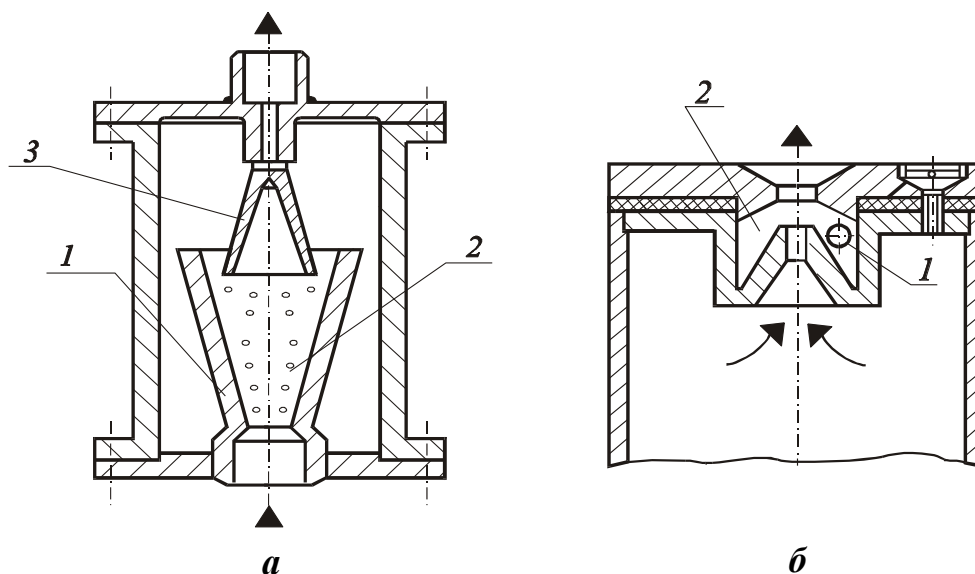


Рисунок 11 – Ультразвуковий диспергатор роторного виконання

Одночасно з кавітацією на механічні домішки діють прискорення з різним напрямом, які спричиняють явища зсуву, розриву і т. п. Після проходження всіх ступенів олива, що обробляється, надходить на розвантажувальну крильчатку 6, яка видаляє оливу з диспергатора через тангенціально розташований вихідний патрубок 8. Для отримання середнього розміру частинок 5 мкм і менших (при початковому розмірі 25...30 мкм) оливу необхідно обробляти вісьма ступенями подрібнення.

У кавітуючому диспергаторі дифузорового виконання (рисунок 12, а) олива під тиском 2 МПа підводиться до вхідного патрубка 1 і проходить через сопло 2, виконане у формі зворотного конуса. Розширення потоку за рахунок конусності сопла створює зону зниженого тиску, у якій виникає кавітація, що супроводжується інтенсивними коливаннями тиску з ультразвуковою частотою. Такий же ефект виникає в кільці між соплом 2 і резонатором 3. Крім того, ударяючись об резонатор, олива спричиняє в ньому інтенсивні коливання, що впливають на механічні частинки.



а – дифузорове виконання; б – вихрове виконання

Рисунок 12 – Кавітуючий диспергатор

Подрібнення в такому диспергаторі відбувається до розміру 1 мкм і меншого. При цьому частинки сталевого порошку розміром 20...30 мкм подрібнюються до розміру 5 мкм за 30 циклів проходження рідини через диспергатор.

У кавітуючому диспергаторі вихрового виконання (рисунок 12, б) олива під тиском надходить по тангенціально розташованих вводах 1 у вихрову камеру 2, унаслідок чого потік закручується. Під час переходу потоку оливи в конічну частину частота обертання різко зростає, що супроводжується виникненням інтенсивних пружних коливань і кавітацією в цій області.

З метою забезпечення оптимальних і стабільних режимів диспергування в системах із змінним потоком оливи створений ряд регульовальних пристроїв. Зокрема, на рисунку 13 показана схема кавітуючого диспергатора дифузорового виконання, регулюючим елементом якого служить диференціальний клапан 1 золотникового типу, що настроюється за допомогою пружини 2 і гвинта 3. Золотникова ступінь клапана (нижня на рисунку) здійснює регулювання робочого перерізу дифузора 4, виконаного в корпусі 5, а клапанна ступінь – відповідно величину перерізу вихідних каналів 6. Олива, що надходить у диспергатор через вхідний патрубок 7, відтискає клапанну ступінь золотника 1 і далі через вихідні канали 6, колектор 8 і вихідний канал 9 надходить у систему.

Магніострикційний диспергатор (рисунок 14) містить корпус 1 з вхідним 2, вихідним 3 патрубками і сердечник 4, має декілька стержнів, кінці яких з'єднуються між собою прокладкою, утворюючи замкнений магнітопровід.

Обмотка наноситься на стержень так, щоб у сусідніх стержнях поле мало протилежний напрям. Принцип дії диспергатора полягає в тому, що олива,

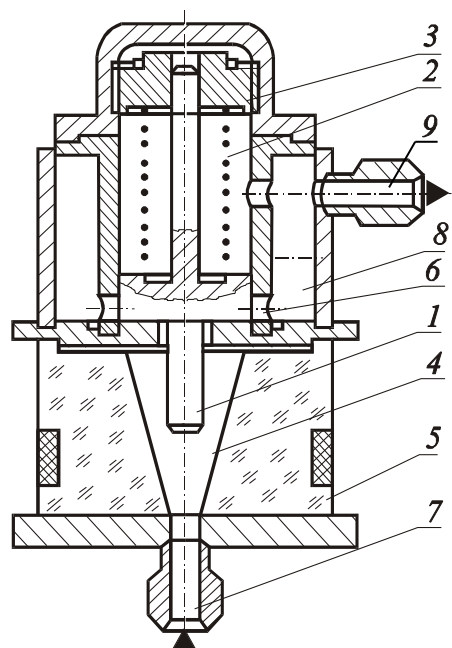


Рисунок 13 – Кавітуючий диспергатор дифузорового виконання

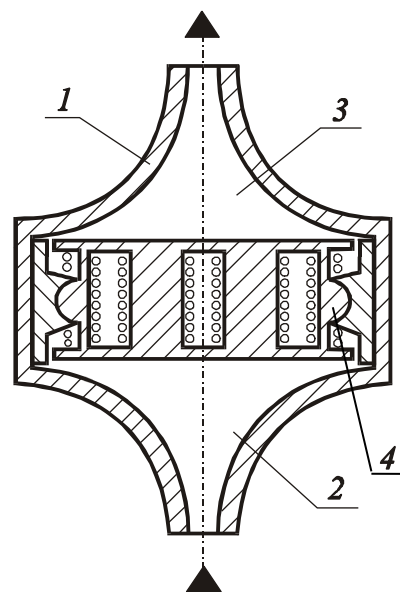


Рисунок 14 – Магніострикційний диспергатор

проходячи між стержнями, озвучується і надходить у систему. Для роботи таких диспергаторів необхідні громіздкі і дорогі генератори.

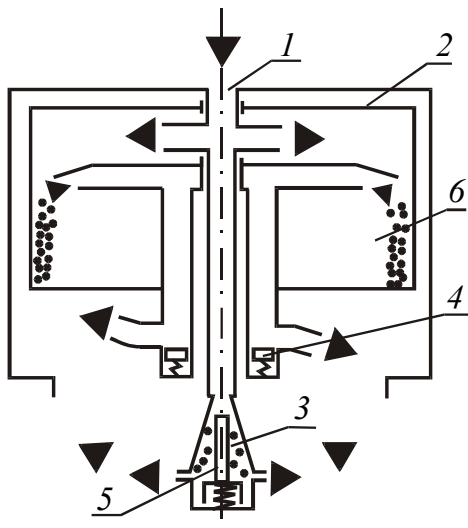


Рисунок 15– Схема очищення робочої рідини в гідроприводах бурових верстатів

У гідроприводах бурових верстатів СВБ-50Г, СБШ-400 і «Руслан» протягом двох років функціонувала система очищення, яка поєднувала центрифуги з регулювальним диспергатором. Олива з гідросистеми, яка надходить у вхідний патрубок 1 (рисунок 15), розділяється на два потоки. Перший подається в центрифугу 2, а другий – у регулювальний кавітуючий диспергатор 3 дифузорного виконання. Розподіл потоку оливи забезпечується підпирними клапанами 4, установленими перед реактивними форсунками центрифуги, і

золотниковою частиною підпружиненого клапана 5 диспергатора. Відфільтровані частинки концентруються на периферії ротора 6 центрифуги. Аналогічна конструкція була застосована в гідросистемі екскаватора Э-153А.

Диспергування частинок забруднень у гідродинамічному диспергаторі (ГД) здійснюється за рахунок удару частинок об перепону при русі їх у потоці оливи. У ГД (рисунок 16) олива з частинками під тиском надходить у конічне сопло 1, розганяється до великої швидкості й ударяється об перепону 2. У результаті удару частинки диспергуються, після чого олива через проріз 3 надходить у систему. Наявність у будь-якій системі машини ГД не виключає застосування традиційних оливоочисних пристроїв.

Вибір типу диспергуючого пристрою для застосування у будь-якій системі машин повинен здійснюватися з позицій максимальної його простоти і надійності конструкції, а також досягнення очікуваного ефекту при мінімальних енергетичних витратах. Аналіз конструкцій, принципів роботи і технічних характеристик диспергаторів показує таке.

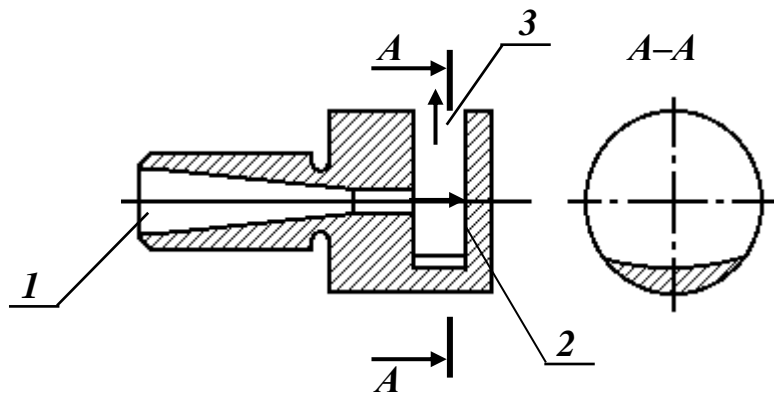


Рисунок 16 – Принципова схема ГД

Застосування в ДВЗ і об'ємних гідроприводах диспергуючих пристроїв, що працюють у діапазоні ультразвукових частот, небажано, оскільки це може призвести до механічної деструкції молекул вуглеводнів оливи, що супроводжується зниженням в'язкості і погіршенням мастильної здатності.

Як відомо, оливи, що застосовуються в гідроприводах, працюють в умовах високого тиску, особливо при дроселюванні з великим перепадом тиску. Це призводить до молекулярно-структурних змін оливи, що істотно обмежує час її експлуатації. Накладення на оливу, крім указанного, додаткових полів (ультразвукового) спричинить інтенсифікацію процесу деструкції.

Недоліком ультразвукових диспергаторів також є необхідність їх регулювання перед експлуатацією, висока чутливість до змін тиску, при флуктуації якого порушується ультразвуковий режим, а отже, якість диспергування. До того ж є відомості про досить швидке руйнування резонуючої пластинки.

Доцільність застосування в об'ємних гідроприводах і ДВЗ диспергаторів, які здійснюють подрібнення домішок за рахунок утворення в оливі зон активної кавітації, також викликає сумнів, оскільки при кавітації у момент схлопування пухирців газу і пари виникають високі локальні температури (1273...1773 К) і тиск (150...200 МПа). І те й інше дуже шкідливо для оливи, оскільки при таких температурах інтенсивно відбуваються крекінг-процеси, що призводять до зменшення молекулярної маси оливи та її окислення, при якому утворюються лаки, смоли тощо. Високий тиск прискорює деструкцію молекул вуглеводнів. Крім

того, при кавітації інтенсивно виділяється повітря і відбувається ерозія деталей, зокрема розподільних елементів.

Найдоцільнішим є застосування в об'ємних гідроприводах і ДВЗ ГД, який при порівняно простій конструкції і технологічності не викликає деструкції молекул вуглеводнів оливи, не вимагає підготовки і регулювання перед експлуатацією, ефективність роботи його при флуктуаціях тиску перед соплом не знижується. ГД енергетично економічний, не викликає труднощів при монтажі, довговічність його вища, ніж ультразвукових і кавітуючих диспергаторів. Крім того, у результаті обробки оливи за допомогою ГД не тільки ефективно подрібнюються частинки забруднень, але й відбувається механо-хімічна активація оливи. Залежно від тиску перед ГД (0,3...0,7 МПа) олива в зоні удару об перепону нагрівається до температури 95...117 °С. Така термообробка приводить до структурних перетворень, що впливають на об'ємні і поверхневі властивості олив. При вказаних вище температурах відбувається плавлення зв'язнодисперсної структури і перехід її у вільнодисперсний стан. При цьому відбувається інтенсивна адсорбція поверхнево-активних компонентів оливи на поверхнях тертя і, як наслідок, зниження зносу трибоповерхонь.

Отже, можна констатувати, що застосування гідродинамічного диспергування позитивно впливає на протиспрацьовувальні властивості рідких мастильних матеріалів. Але ефективність дії ГД залежить від тиску, при якому проводиться обробка олив. Очевидно також, що найкрупніші частинки не подрібнюються до розмірів 5 мкм і менших за один цикл обробки. Тому обробка оливи ГД повинна проводитися протягом усього часу роботи машини. При цьому відбуватиметься диспергування не тільки тих частинок, які вже раніше брали участь у цьому процесі, але й тих, що знов з'явилися. Як показує багато дослідів, діапазон тиску перед ГД, при якому може бути проведено ефективне диспергування різних олив, становить від 0,25 до 1,3 МПа. Від величини тиску залежить і кількість проходів оливи через диспергатор для досягнення максимальної ефективності диспергування, яка у свою чергу визначає необхідну продуктивність насоса, що подає оливу до ГД.

Програма та методика роботи

Для застосування гідродинамічного диспергування рідких мастильних матеріалів у будь-якій системі машин (система змащування двигуна, гідропривод тощо) потрібно визначитися із робочим тиском рідини у цій системі та можливою продуктивністю насоса. Після цього потрібно встановити геометричні параметри ГД, який би забезпечив обробку оливи при даному тиску із максимально-можливою продуктивністю.

У роботі потрібно провести розрахунок геометричних параметрів диспергатора за заданими вихідними параметрами системи, у яку вбудовується ГД (таблиця 2), та проаналізувати взаємозв'язок між параметрами ГД та параметрами системи.

Таблиця 2 – Вихідні дані

| Варіант | Продуктивність насоса системи Q_H , л/хв | Тиск перед диспергатором $P_{ГД}$, МПа | Мастильна рідина | |
|---------|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| | | | марка | густина, кг/м ³ |
| 1 | 54 | 0,3 | М-10-В ₂ | 905 |
| 2 | 46 | 0,5 | МГ-15-Б | 850 |
| 3 | 32 | 0,8 | ТАп-15В | 930 |
| 4 | 25 | 1,0 | Т-1500 | 885 |
| 5 | 16,2 | 1,2 | М-14-В ₂ | 910 |
| 6 | 8 | 0,4 | вісьова | 990 |
| 7 | 6 | 0,6 | МГ-15-В | 870 |
| 8 | 10 | 0,9 | МГ-32-А | 850 |
| 9 | 14 | 1,1 | М-6 ₃ /10-Г ₁ | 900 |
| 10 | 17,5 | 1,2 | ТАД-17и | 907 |
| 11 | 22 | 0,4 | ТЕп-15 | 950 |
| 12 | 30,3 | 0,8 | Т-750 | 895 |
| 13 | 42,6 | 1,0 | І-Г-С-46 | 885 |
| 14 | 48 | 1,1 | М-4 ₃ /6-В ₁ | 880 |
| 15 | 12 | 0,6 | І-Г-А-32 | 890 |

Порядок виконання роботи

1 Проаналізувати марку мастильної рідини, яка підлягає обробці на ГД, згідно із завданням.

2 Розрахувати потрібний діаметр отвору ГД $d_{ГД}$, м, за формулою

$$d_{ГД} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\mu \cdot \pi \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_{ГД}}{\rho}}}}, \quad (4)$$

де Q_H – продуктивність гідронасоса, м³/с (таблиця 2);

μ – коефіцієнт гідравлічних витрат. Залежить від кута конусності сопла ГД α та приймається за таблицею 3;

$P_{ГД}$ – тиск оливи перед диспергатором, Па (таблиця 2);

ρ – густина оливи, яка підлягає диспергуванню, кг/м³ (таблиця 2).

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта гідравлічних витрат

| Кут конусності сопла ГД α | 5° | 10° | 13° | 13°24' | 16° | 20° | 25° |
|----------------------------------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Значення μ | 0,92 | 0,937 | 0,945 | 0,946 | 0,938 | 0,922 | 0,908 |

При проведенні розрахунку прийняти кут конусності сопла α , при якому створюється якнайменший опір пропуску через нього рідини.

3 Дослідити залежність потрібного діаметра отвору диспергатора $d_{ГД}$ від тиску мастильної рідини перед диспергатором $P_{ГД}$. Для цього при заданій згідно з варіантом (таблиця 2) продуктивності насоса Q_H розрахувати за формулою (4) при п'яти різних значеннях тиску перед ГД $P_{ГД}$ із діапазону 0,2...1,2 МПа. Побудувати графік $d = f(P_{ГД})$ (рисунок 17).

4 Дослідити залежність потрібного діаметра отвору диспергатора $d_{ГД}$ від продуктивності гідронасоса системи Q_H . Для цього при заданому згідно з варіантом (таблиця 2) тиску у

системі $P_{ГД}$ розрахувати за формулою (4) при п'яти різних значеннях продуктивності насоса гідросистеми із діапазону 6...54 л/хв. Побудувати графік $d = f(Q_H)$ (рисунок 17).

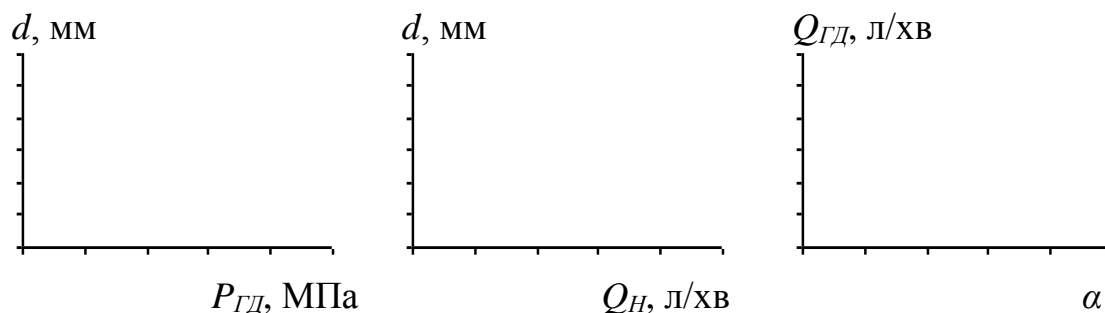


Рисунок 17 – Графіки досліджених залежностей

5 Дослідити, як впливає кут конусності сопла диспергатора на його продуктивність. Для цього вивести із формули (4) формулу для визначення пропускної спроможності диспергатора $Q_{ГД}$. Розрахувати за виведеною формулою значення $Q_{ГД}$ при всіх значення коефіцієнта μ , наведених у таблиці 3, при цьому прийняти тиск рідини перед диспергатором $P_{ГД}$ згідно з варіантом завдання (таблиця 2) та діаметр отвору диспергатора $d_{ГД}$, отриманий при обчисленні за формулою (4) для заданих параметрів системи (таблиця 2). Побудувати графік $Q_{ГД} = f(\alpha)$ (рисунок 17).

6 Крім розрахунку діаметра сопла потрібно призначити довжину його вихідного отвору l_o (рисунок 18). Цей параметр приймається із умови $l_o = (3 \div 4) \cdot d_{ГД}$.

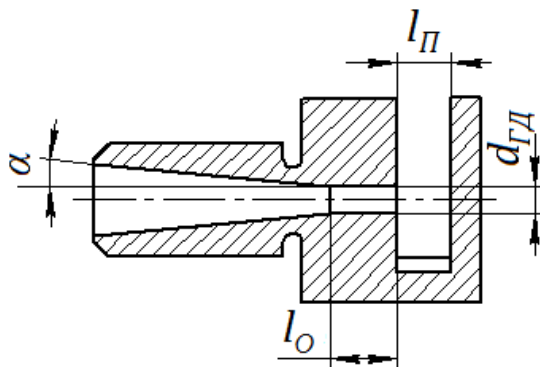


Рисунок 18 – Геометричні розміри ГД

7 Прийняти відстань між границею циліндричної частини сопла і перепорою l_{II} , рівною визначеному діаметру $d_{ГД}$.

8 Визначити потужність N , Вт, яка витрачається на одноразове гідродинамічне диспергування рідини при заданих параметрах, за формулою

$$N = \frac{P_{ГД} \cdot Q_H}{\eta}, \quad (5)$$

де $P_{ГД}$ – тиск оливи перед диспергатором, Па;

Q_H – продуктивність гідронасоса, м³/с;

η – ККД системи, $\eta = 0,8..0,85$.

9 Заповнити звіт про роботу.

Зміст звіту

Звіт про роботу повинен містити таку інформацію:

- назва, мета та завдання роботи;
- основні теоретичні відомості за темою роботи;
- стисле викладення порядку проведення роботи;
- схематичне зображення ГД із нанесенням розмірів, визначених під час виконання роботи;
- графіки із результатами проведених досліджень;
- користуючись програмою Word або Excel, побудувати на графіках рівняння регресії;
- визначити величину достовірності апроксимації;
- проаналізувати і зробити висновок: яке рівняння регресії найбільш відповідає раніш побудованому графіку проведених досліджень;
- висновки по роботі.

Контрольні питання

1 Якими способами можна покращити протиспрацьовувальні властивості рідких мастильних матеріалів?

2 Для чого застосуються диспергатори?

3 Які відомі види диспергуючих пристроїв за механізмом впливу на частинки механічних забруднень?

4 У чому полягає принцип дії кавітуючих диспергаторів?

5 У чому полягає принцип дії магнітострикційних диспергаторів?

6 У чому полягає принцип дії ультразвукових диспергаторів?

7 У чому полягає принцип дії гідродинамічного диспергатора?

8 У чому полягають позитивні відмінності гідродинамічного диспергатора перед диспергуючими пристроями інших типів?

9 Назвіть параметри системи, у яку вбудовується ГД, від яких залежить розрахунковий діаметр ГД.

10 Яким чином впливають тиск у системі і продуктивність насоса системи на діаметр вихідного отвору ГД.

11 З яких умов визначаються геометричні параметри ГД, відмінні від діаметра вихідного отвору?

