

РОЗРАХУНКИ ПОТРЕБ У МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

6.1 Розрахунки для картерних систем рідинного змащення

Щоб ефективно використовувати картерну систему рідинного змащування, необхідно витримувати 2 умови:

По-перше. Швидкість колеса не повинна бути вище 10 м/с.

По-друге. Кількість тепла Q_1 , що виділяється під час тертя, не повинна перевищувати кількість тепла Q_2 , що може бути відведена в навколишнє середовище без примусового охолодження.

Швидкість колеса розраховують за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60},$$

де d – діаметр колеса, м;

n – швидкість обертання колеса, хв^{-1} .

Кількість тепла, що виділяється під час тертя, визначається за формулою:

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4,1868 \text{ [кДж/годину]},$$

(6.1)

де η - коефіцієнт корисної дії;

N – потужність, що передається через колесо, кВт.

Кількість тепла, що може бути відведена в навколишнє середовище, визначається за іншою формулою:

$$Q_2 = k(t_m - t_n) \cdot A \text{ [кДж/годину]},$$

(6.2)

де k – коефіцієнт, який приймають в діапазоні 31,3-62,8 $\text{кДж/год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{град}$;

t_M - допустима температура нагріву мастила, °С;

t_f - температура навколишнього середовища (повітря), °С;

A – площа поверхні охолодження, м².

Перевіривши виконання вищенаведених умов, розраховують величину умовної в'язкості:

$$\text{°ВУ}_{50}^{\min} = \frac{q \cdot m}{20}, \quad (6.3)$$

де m – коефіцієнт, що залежить від швидкості обертання колеса ($m=1,6$ при $V \leq 8$ м/с, $m=1,2$ при $V=8-10$ м/с – для картерної та циркуляційної систем; $m=1,0$ при $V=16-25$ м/с – тільки для циркуляційної системи);

q – навантаження на одиницю довжини зуба, кН/м.

$$q = \frac{1000 \cdot N}{V \cdot B}, \quad (6.4)$$

де N – потужність, кВт;

V – швидкість обертання колеса, м/с;

B – ширина зуба, мм.

За обчисленою величиною умовної в'язкості з нижченаведеної таблиці визначають кінематичну в'язкість і за нею вибирають необхідну марку мастила [].

Умовна в'язкість, °ВУ	100	70	50	30	10	6	4	2	1,5
Кінематична в'язкість, мм ² /с	720	500	360	220	70	41	28	11	7,8

В інших джерелах інформації для визначення кінематичної в'язкості через умовну пропонується користуватись формулою:

$$\nu = 7,58 \cdot \text{°ВУ} \quad (6.5)$$

Кількість мастила, що необхідно залити в картер, обчислюється за умови занурення зубця в мастило та через передаване колесом потужність:

$$G = (h_1 - h_2) \cdot F_0 \quad (\text{дм}^3), \quad (6.6)$$

де h_1 - глибина занурення зубця колеса, дм;

h_2 - відстань від дна картера до колеса, яке забезпечує змащування,

дм;

F_0 - площа картера, дм².

Розраховують також G і за іншою формулою:

$$G=(0,3\dots0,5) \cdot N, \quad (6.7)$$

де N – передавана потужність, кВт.

З двох значень G вибирається більше.

6.2. Розрахунки для циркуляційної системи рідинного змащування

По пункту 6.1 якщо дві умови не витримуються, то необхідно використовувати циркуляційну систему рідинного змащення.

В першу чергу розраховується кількість мастила, яке необхідно підвести до вузла. Це здійснюється за наступною формулою:

$$P = \frac{Q_1 - Q_2}{\xi \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T} \text{ [дм}^3\text{/годину]}, \quad (6.8)$$

де ξ - коефіцієнт використання мастила (0,5...0,8);

c – теплоємність мастила (1,675...2,093 кДж/кг·град);

γ - питома вага мастила (0,9 г/см³; кг/дм³; т/м³);

ΔT - допустиме підвищення температури мастила (5...8 °С).

В деяких випадках кількістю тепла, що може бути відведено до навколишнього середовища, ігнорують (тобто не ураховують). Тоді для обчислення кількості тепла, що необхідно підвести в одиницю часу до вузла тертя, використовують наступну формулу:

$$P = \frac{Q_1}{\xi \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T} \text{ [дм}^3\text{/годину]}, \quad (6.9)$$

Експериментальним шляхом встановлено, що:

- на один кіловат потужності (N) використовується 5...6 дм³/хв;
- на 100 мм ширини зубця необхідно 4...6 дм³/хв;
- $P=(0,006 \cdot N+3) \cdot 4,564$ дм³/хв.

6.3. Розрахунки потреб в пластичному мастилі

На деякий час відсутня більш-менш точна методика визначення цих потреб, тому кількість мастила і періодичність його подачі визначають шляхом підбору.

Орієнтовано кількість мастила можна визначити за наближеною формулою:

$$q=11 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \left[\frac{\text{см}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{ГОДИНУ}} \right], \quad (6.10)$$

де q – кількість мастила (см³), яку треба подавати щогодини на 1м² поверхні тертя;

11 – мінімальна норма витрат мастила для підшипників діаметром до 100мм при частоті обертання, що не перевищує 100хв⁻¹;

k_1 - коефіцієнт, що враховує залежність витрати мастила від діаметра підшипника,

$$k_1 = 1 + 4(d-100) \cdot 10^3 \text{ (для підшипників ковзання);}$$

$$k_1 = 1 + (d-100) \cdot 10^3 \text{ (для підшипників кочення);}$$

k_2 - коефіцієнт, що враховує залежність витрат мастила від числа обертів підшипника;

k_3 - коефіцієнт якості поверхонь тертя (при якій $k_3 = 1$, при задовільній $k_3 = 1,3$);

k_4 - коефіцієнт, що враховує робочу температуру нагріву підшипника (при температурі, нижчій за 75°C , $k_4 = 1$, при температурі 75 - 150°C $k_4 = 1,2$);

k_5 - коефіцієнт, що враховує ступені навантаження підшипника.

При нормальному навантаженні $k_5 = 1$, при важкому - $k_5 = 1,1$.

Числові значення коефіцієнта k_2 наступні:

Швидкість обертання, хв^{-1}	100	200	300	400
Коефіцієнт k_2	1,0	1,4	1,8	2,2

При визначенні кількості мастила для змащення плоских поверхонь (наприклад, напрямних) останні вважаються умовними підшипниками ковзання з діаметром, який визначається за спрощеною формулою:

$$D_y = \frac{L}{\pi}, \quad (6.11)$$

де L – довжина плоскої напрямної з умовним циклом обертів

$$n_6 = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_6}, \quad (6.12)$$

де V – швидкість ковзання, м/с .

7. ТЕРМІНИ СЛУЖІННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЇХ ОЧИЩЕННЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЯ

Термін служіння мастильних матеріалів залежить від швидкості їх старіння і накопичення такої кількості шкідливих домішок, при якій мастило втрачає свої мастильні властивості.

Суть процесу старіння масел полягає в окисленні киснем повітря складових його вуглеводів з утворенням розчинних кислот і шламу (смолистих осадків). Органічні кислоти викликають корозію металів і утворення металевих мил. Шлам, який осідає в апаратурі і на стінках

трубопроводів, погіршує нормальну циркуляцію масла і вимагає, ясна річ, підвищення тиску в системі.

Швидкість утворення в мастильному матеріалі продуктів старіння залежить від наступних факторів:

- степеню дії кисню і вологи повітря і можливості попадання в масло води;
- дії високих температур, що викликають розпад, випаровування і часткове згоряння масел;
- забруднення механічними домішками (окалиною, продуктами зносу поверхонь тертя, пилом і інш.).

Основними фізико-хімічними показниками старіння мастильних матеріалів є підвищення в'язкості і складу органічних кислот, утворення осадків, наявність води і механічних домішок. Факторами, що прискорюють окислення масел є їх температура та контактування з бронзовими чи латунними деталями.

Терміни служіння масел і необхідність їх регенерації визначаються в кожному конкретному випадку шляхом періодичного відбору і дослідження проб. Так, наприклад, в централізованих системах, що обслуговують відповідальні вузли тертя (підшипники рідинного тертя та інше), рекомендується відбирати проби через кожні 5 діб. Для менш відповідальних механізмів (редукторів) проби належить відбирати раз в 15 діб. В картерних системах достатньо відбирати проби одну чи дві на місяць.

Довголітньою практикою встановлено, що масло слід замінювати, якщо виявлено зростання одного із вказаних нижче факторів.

Для циркуляційних систем (з урахуванням наступної регенерації):

- підвищення кінематичної в'язкості масел більш, ніж на 30%;
- зростання кислотного числа до 3 мг КОН на 1г масла (під кислотним числом припускають кількість їдкого калія (КОН) в мг, необхідного для нейтралізації 1г мінерального масла);

- вміст води більше 0,2% (масло з 0,2% піддається центрифугуванню без зливання із системи);
- вміст механічних домішок неабразивного характеру (шлам, пластичне мастило) більш 1%.

Для картерних систем (без урахування наступної регенерації масла):

- зростання кислотного числа до 5 мг КОН на 1г масла;
- вміст води більше 0,5%;
- вміст механічних домішок більше 1%.

Згідно з існуючими нормами кислотне число для свіжих масел, в залежності від сорту, не повинне перевищувати 0,02-0,3мг КОН.

Для відновлення початкових властивостей масел використовується, так званий, процес регенерації. Терміни служіння масел і необхідність їх регенерації, як вказували вище, визначають в кожному конкретному випадку методом дослідження проб. Практикою встановлено наступні терміни придатності масел:

- в агрегатах і механізмах, що працюють в нормальних умовах при централізованих системах змащення, масло може слугувати 6-8 років;
- в редукторах і механізмах з картерним змащуванням, де внаслідок сильного розбризкування, спінювання і нагрівання, масло може використовуватись не більше 2-3 років;
- в механізмах, що працюють при температурі вище 70°С, масло інтенсивно випаровується, окислюється, частково розкладається і старіє через 1-1,5 роки;
- в системах, що обслуговують обладнання, яке встановлено на відкритому повітрі, масло слугує не більше 3-6 місяців.

Застосовуються різноманітні способи очищення і регенерації масел, серед яких частіше використовуються: *вилуговування, кислотно-лугове і кислотно-контактне очищення, очищення селективними розчинниками.*

ВИЛУГОВУВАННЯ

Це є найпростішим способом. Масло при ньому оброблюють розчином лугу (NaOH), який нейтралізує органічні кислоти. Продукти окислювальної полімеризації (нафтові смоли і інші шкідливі домішки) при луговому очищенні не віддаляються, тому цей спосіб для моторних масел не використовують.

КИСЛОТНО-ЛУГОВЕ І КИСЛОТНО-КОНТАКТНЕ ОЧИЩЕННЯ

При цьому способі основним реагентом, що входить в сполучення з небажаними домішками, є сірчана кислота, яку добавляють в дистилятне масло до 6%, а в залишкове – до 10%.

Сірчана кислота руйнує смолисто-асфальтові і ненасичені сполучення, які разом з непрореагованою кислотою випадають в осадок, що утворює кислий гудрон. Найбільш важливими для масел цикланові вуглеводи сірчаної кислоти не зачіпаються і після відокремлення кислого гудрону. Очищення закінчується промиванням масла водою і просушуванням перегрітим паром чи гарячим повітрям.

Для попередження можливості утворення стійких водомасляних емульсій оброблення лугом замінюють контактним фільтруванням з використанням відбілювальних глин, що володіють великою адсорбційною властивістю поглинати полярно-активні речовини, до яких відносяться продукти взаємодії з сірчаною кислотою.

Кислотне очищення з контактним фільтруванням через відбілювальні глини називають кислотно-контактним очищенням.

Застосування для очищення моторних масел сірчаною кислотою має суттєві недоліки, а саме: при сучасних масштабах виробництва моторних масел це приводить до величезних незворотніх витрат сірчаної кислоти –

висококоштовної сировини. А кислий гудрон, який є відходом при цьому методі очищення, є вкрай токсичним і шкідливим продуктом. Його подальше використання є нерентабельним, а його величезні накопичення є джерелом шкідливої дії на навколишнє середовище.

ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ СЕЛЕКТИВНИМИ РОЗЧИННИКАМИ

Цей спосіб є сучасним і високоефективним. Його особливістю є можливість в процесі очищення багаторазово використовувати селективні розчинники, в якості яких застосовується фурфурол, фенол і ряд інших речовин.

Принцип селективного очищення полягає в наступному. Підбирають розчинник, який при певній температурі і кількісному співвідношенні з маслом вибірково (селективно) розчиняє в собі всі шкідливі домішки і погано чи зовсім не розчиняє саме масло.

При змішуванні масла з селективним розчинником основна частина шкідливих домішок розчинюється і переходить в розчинник, який не зміщується з маслом, а легко з ним розшаровується при відстоюванні. Внаслідок цього утворюється шар очищеного масла. Цей шар називають екстрактом. Шари розподіляють. Шар очищеного масла доочищують відбілювальними глинами, а екстракт піддають регенерації, під час якої селективний розчинник відокремлюється від шкідливих продуктів і знову вводиться в процес очищення.

При цьому способі дуже важливо вибрати як співвідношення масла і розчинника, так і температуру, при якій здійснюють процес очищення. Наприклад, при використанні в якості селективного розчинника фенолу температуру слід підтримувати в діапазоні 50-300°С, а співвідношення масла і розчинника 1:1 або 1:2. При застосуванні фурфуролу співвідношення змінюють в залежності від потрібної глибини очищення масла від 1:1,5 до 1:4.

Для якісного очищення високов'язких залишкових масел використовується метод парних розчинників. При цьому один з них має вибірково розчиняти шкідливі домішки, а інший – масло. Тут відбувається мов би розділення корисного і шкідливого продуктів. При розчиненні рафінату – пропан. Щоб підтримувати пропан в рідкому стані, очищення проводять при тиску до 2,0 МПа.

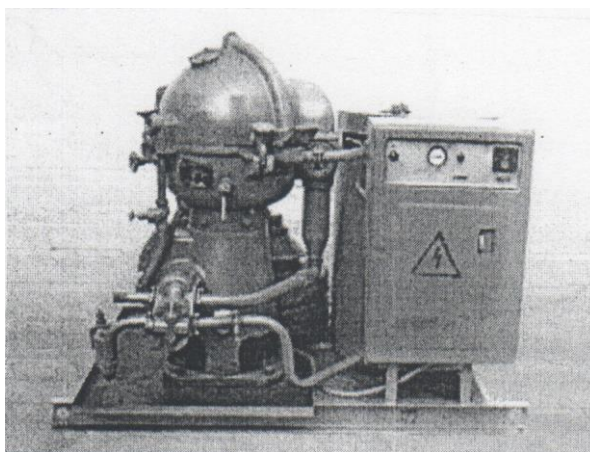
В останній час все більш застосовують гідрогенізацію, яка є найбільш досконалим способом очищення масел. Проводять його під тиском до 2,0 МПа в присутності водню при температурі 380-480° С. Поряд з цим способом розпочинають використовуватись методи очищення, які побудовані на фільтрації масла через спеціальні мембрани, що здатні фільтрувати на молекулярному рівні. Тобто, тут пропускається молекула вуглеводів і затримується молекула продуктів окислювальної полімеризації і інші небажані домішки.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ І РЕГЕНЕРАЦІЇ МАСЕЛ

Для очищення і регенерації застосовуються різноманітне обладнання, серед якого особливо поширене використання обладнання, принцип дії якого базується на відцентровому ефекті. До них відносяться сепаратори і стенди: СМ2-4; СОГ-913КР; СОГ-913КТ1М; СОГ-914; СОГ-932КТ1; СОГ-933КТН1; СОГ-933КТ1.

СЕПАРАТОР СМ2-4

Сепаратор працює на принципі відцентрових сил і застосовується для очищення масел від будь-яких механічних домішок і віддалення води (рис.6.18).



Технічні хара: **Рисунок 6.18** 4

Номінальна продуктивність, м³/годину:

- очищення від механічних домішок (кларифікація); -4,0
- віддалення води (пурифікація) -

2,8

Максимальний вміст механічних домішок в маслі після одного циклу очищення його методом кларифікації при вихідному вмісті домішок до 0,08% - не більше масових долей до 0,005%

Вміст води в маслі після одного циклу віддалення його методом пурифікації при вихідному вмісті води до 1% - не більше масових долей до 0,05%

Установлена потужність, кВт -53,5

Частота обертання барабана, об/хв -6600

Габаритні розміри, мм:

- довжина -1500

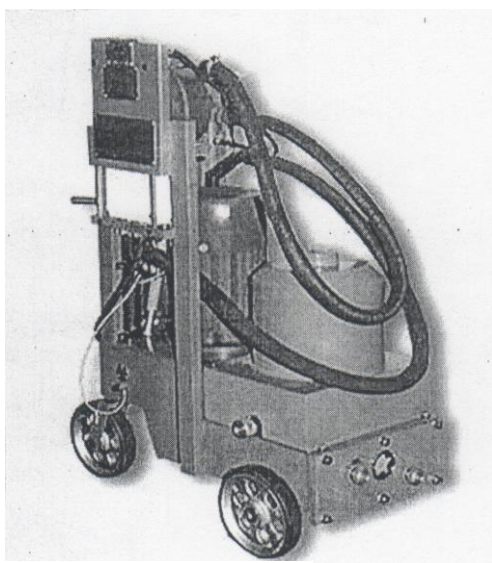
- ширина -1146

- висота -1225

Маса без ЗІП, кг - не більше 672

СТЕНД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІДИН І МАСЕЛ

Стенд СОГ-КТ1М призначається для тонкого відцентрового очищення і регенерації масла, яке пройшло очищення відстоюванням на протязі 3-4 діб чи фільтруванням від нежирових механічних домішок. При очищенні зневоднених масел в стенді передбачена можливість неперервного виведення води із ротора центрифуги. Зовнішній вигляд стенда показано на рис. 6.19



Технічні характеристики СОГ-91КТ1М

Продуктивність, л/годину - до 3000

Тонкість віддалення, мкм - не гірше
5,0

Споживана потужність, кВт - 4,0

Габаритні розміри, мм:

- довжина	- 840
- ширина	- 444
- висота	- 900

Рисунок 6.19

СТЕНД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСЕЛ І РІДИН

Стенд СОГ-914 має значно більший грязезбірник, ніж фільтри такого ж тонкого очищення і продуктивності. Він не потребує до очистного елементу центрифуги змінних чи додаткових технологічних матеріалів. Для дуже забруднених масел стенд рекомендується використовувати разом з установкою хімічного очищення відпрацьованих масел серії «Радуга-М». Зовнішній вигляд стенда СОГ-914 показано на рис. 6.20



Рисунок 6.20

100

Технічні характеристики СОГ-914

Продуктивність, л/годину	- 2000
Тонкість віддалення, мкм	- не гірше 5,0
Споживана потужність, кВт	- 2,5
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	- 740
- ширина	- 410
- Висота	- 1010
Маса, кг	- не більше

УНІВЕРСАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ

Хоча розглянуте вище обладнання і має низку позитивних якостей, проте воно не придатне для очищення дуже забруднених домішками відпрацьованих масел. Для цього використовуються універсальні стаціонарні установки, в яких масло проходить декілька стадій очищення. Найбільш шкідливими речовинами, які призводять до старіння масел, є асфальтно-живцеві (смолисті) речовини. Схема універсальної установки, яка працює на методі «відстоювання - обробка кислотою – контактування – фільтрація», показана на рис. 6.21.

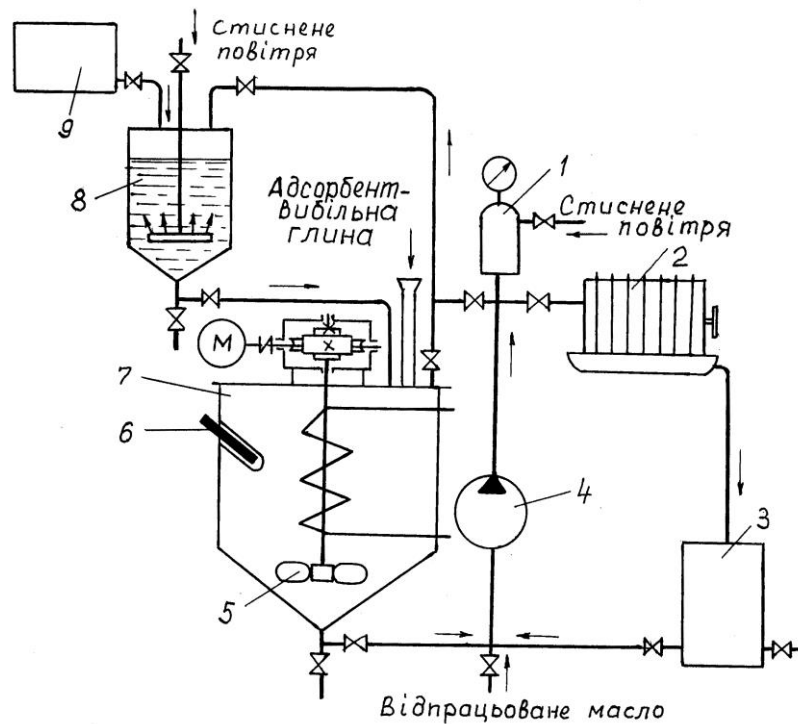


Рисунок 6.21

1 – повітряний ковпак з манометром; 2 – фільтр-прес; 3 – збірник чистого масла; 4 – насос; 5 – імпелер (мішалка); 6 – термометр; 7 – контактна мішалка; 8 – кислотна мішалка; 9 – бак для сірчаної кислоти (96%-вої).

Рух масла в різному стані і інших компонентів показано стрілками. Сама ж назва методу говорить про послідовність проходження операцій. Спочатку масло добре відстоюється. Далі проходить оброблення кислотою в апараті 8 (кислотна мішалка), контактне оброблення за допомогою адсорбент-вибільної глини в апараті 7 (контактна мішалка) і фільтрацію у фільтр-пресі 2.