

АЕРОГІДРОМЕХАНІКА

Піцишин Б.

ДУ «Львівська політехніка», кафедра гідравліки та сантехніки

УДК 532.582.82:62-592.2:62-598.4

ГІДРАВЛІЧНІ ГАЛЬМА

© Піцишин Б., 2000

In given clause the classification of hydraulic brakes by design features and ways of regulation of the brake moment is offered. The principles of work of hydraulic brakes according to classification are considered.

Вступ. Випробування різних типів двигунів з метою покращання конструкції, підвищення експлуатаційної надійності, зменшення теплових, механічних, електричних втрат і збільшення ККД проводять за допомогою навантаження, створюваного гідравлічними гальмами. Їх застосовують також під час експлуатаційних і ресурсних випробувань двигунів тракторів, сільськогосподарських машин, автомобілів й інших транспортних засобів.

Порівняно з механічними, повітряними, електричними та індукторними, гідравлічні гальма найбільше розповсюджені у практиці стендових досліджень внаслідок відносної простоти конструкції, великої енергоємності та глибокого регулювання за навантаженням і за кількістю обертів вала. Потужність, що розвивається досліджуванним двигуном, затрачується в них на здійснення гідродинамічної роботи, на тертя ротора об рідину, в остаточному рахунку перетворюється у теплову і витрачається на її нагрів.

Мета статті – класифікація гідравлічних гальм за конструктивними особливостями та способами регулювання гальмівного моменту.

Конструкції гідрогальм доволі різноманітні і на підставі аналізу можуть бути зведені до двох основних класифікацій.

Класифікація гідравлічних гальм за конструктивними особливостями:

1. *Дискові*: а) гладкі; б) перфоровані; в) нахилені; г) з регульованим кутом нахилу.
2. *Лопатеві*: а) нерухомо закріплені; б) з регульованим моментом інерції; в) змінного об'єму лопатей.
3. *Штифтові*.
4. *Камерні*: а) реверсивні з прямими лопатями; б) неререверсивні з нахиленими лопатями; в) з розрізним ротором.
5. *Циліндричні*: а) плівкові; б) дзвоноподібні; в) зі змінним ексцентриситетом.
6. *Об'ємні*.

Розглянемо принципи роботи гідравлічних гальм згідно з наведеною класифікацією.

Дискові гальма. Ротор гальма виконаний у вигляді одного чи декількох гладких дисків, які жорстко закріплені на валу, з'єднаному з валом відбору потужності досліджуваного двигуна (рис.1,а) [1]. Ротор встановлений в закритому кожусі – статорі. Вода в корпус подається через входні отвори. Рідину, що нагрілась під час роботи, відводять через регулювальні вентилі.

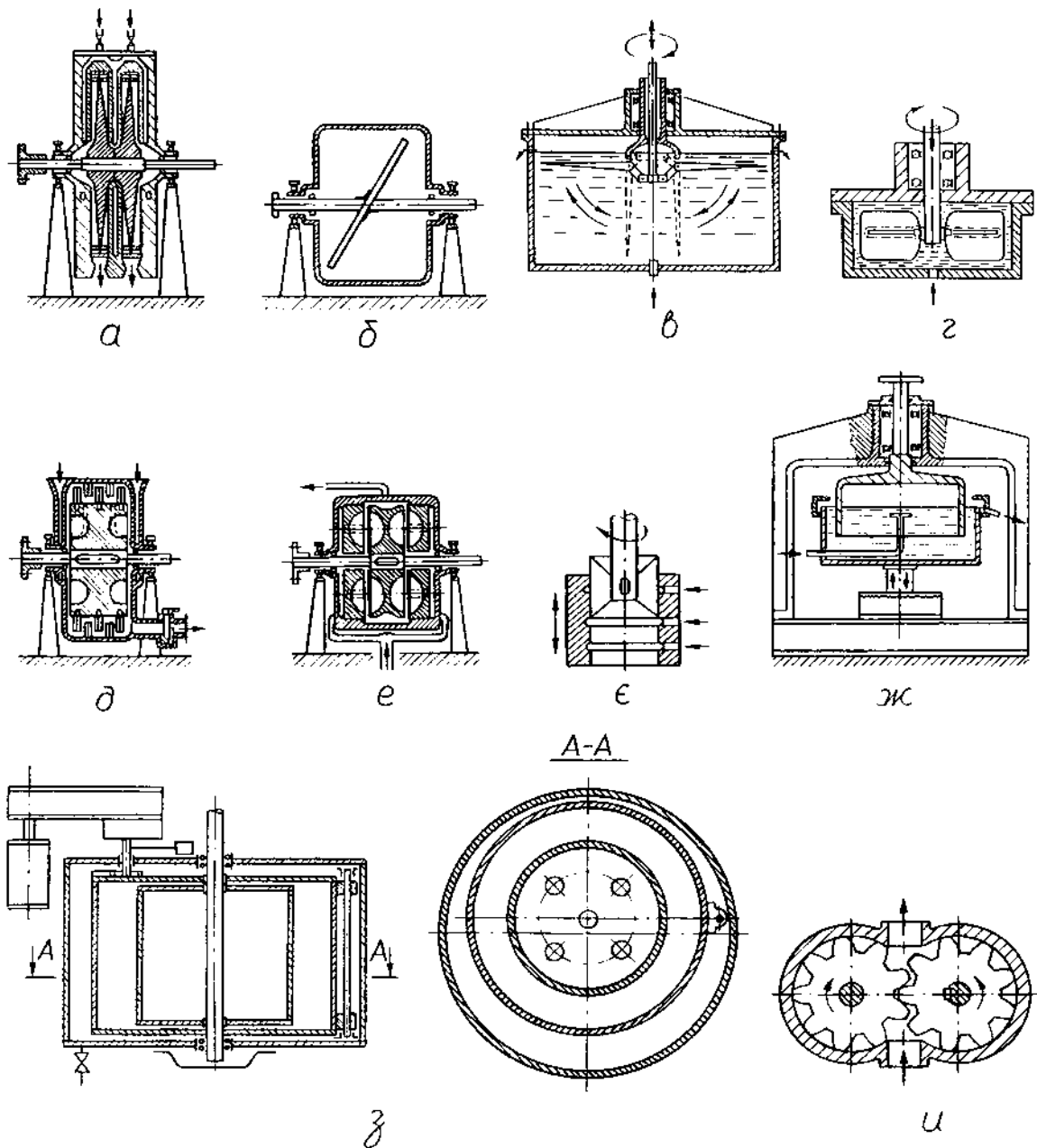


Рис.1. Схеми гідравлічних гальм (до класифікації за конструктивними особливостями):
 а – дискове (з гладким диском); б – дискове (з нахиленим диском); в – лопатеве
 (з регульованим моментом інерції); г – лопатеве (з змінним об'ємом лопатей);
 д – штифтове; е – камерне (з прямими лопатями); е – циліндричне (плівкове);
 ж – циліндричне (дзвоноподібне); з – циліндричне (зі змінним ексцентриситетом);
 и – об'ємне.

Під час обертання ротора, завдяки силам тертя, вода відкидається від вала до периферії. Тиск води в проміжку між диском, що обертається, і нерухомою стінкою статора зростає. Ротор постійно занурений частиною своєї поверхні в товщу кільцевого шару води, утвореного відцентровими силами при його обертанні. Чим більша радіальна товщина шару води, тим більша частина поверхні диска бере активну участь в роботі тертя об воду і вища ефективність гальмування. Потужність гальма регулюють зміною товщини кільцевого шару води.

На рис.1,б [1] подано схему гідрогальма з нахиленим жорстко закріпленим на валу диском.

Лопатеві гальма являють собою ротор, виконаний у вигляді лопатей, закріплених на валу, занурений в робочу рідину, котра заповнює статор. Під час обертання ротора вода під дією відцентрової сили переміщується від центра до периферії і знову повертається до вала. Гальмівний ефект виникає внаслідок сил тертя лопатей об рідину.

У гальмі з регульованим моментом інерції (рис.1,в) [2] на роторі встановлено лопаті, які зв'язані зі штоком, встановленим всередині вала. За допомогою штока змінюється положення лопатей відносно осі ротора: від горизонтального до вертикального. При цьому максимальний гальмівний момент виникає тоді, коли лопаті розміщені радіально, мінімальний – вертикально.

Гідравлічне гальмо з лопатями змінного об'єму (рис.1,г) [3], яке складається з корпуса, заповненого водою, ротора, виконаного у вигляді плоских горизонтальних пластин, які розташовані в еластичних герметично закріплених оболонках, працює так. При обертанні вала еластична оболонка притиснута до горизонтальної пластини, і ротор виявляє мінімальний опір рухові. Для створення гальмівного моменту через пустотілий вал в еластичну оболонку подається стиснуте повітря, примушуючи її збільшувати площу опору.

Штифтові гальма. Основними їх вузлами є статор і ротор, на барабані якого встановлено штифти квадратного перерізу, один ряд таких штифтів встановлений на внутрішній поверхні статора (рис.1,д) [4]. При обертанні ротора вода його штифтами відкидається на штифти статора, де вона гальмується, поглинаючи підвідну потужність і нагрівається. Потужність, яку споживає гальмо, регулюють, заповнюючи водою робочу камеру, тобто збільшенням чи зменшенням внутрішнього кільцевого шару води.

Камерні гальма. Гальма цього типу мають ротор у вигляді колеса, з двох боків якого є кільцеві виїмки, рівномірно розділені лопатями на ковшеподібні комірочки. Аналогічні комірочки є і в порожнинах статора. При обертанні ротора вода, яка заповнює його комірочки, під дією відцентрової сили переміщується від центра до периферії колеса, потім відкидається в нерухомі комірочки статора, по яких знову повертається до центра колеса. Водяні вихори, що утворюються, неперервно перерізаються кромками лопатей і зумовлюють виникнення гальмівного ефекту (рис.1,е) [1].

Існують гальма з прямими, радіально встановленими лопатями, які мають характеристики, однакові для обох напрямків обертання, та гальма, в яких лопаті нахилені вперед по ходу ротора. У них підвищена енергоємність і вони застосовуються при дослідженнях нереверсивних двигунів. Також є камерні гальма з розрізним ротором, в яких більший діапазон регулювання гальмівного моменту.

Циліндричні гальма. Для випробування високообертючих двигунів застосовують плівкові гальма, які нагадують за конструкцією підшипники кочення (рис.1,є) [1]. Робочою рідиною є масло. Гальмівний момент виникає внаслідок зсуву масляної плівки при коловій швидкості до 200 м/с. Величину споживаної потужності регулюють через осьове переміщення статора, тобто зміною активної площі і регулюванням кількості масла, яке протікає через активну частину гальма.

Гідрогальмо з дзвоноподібним ротором (рис.1,ж) [5] складається з ротора, виконаного у вигляді дзвона, і статора, що має можливість осьового переміщення. Гальмування виникає за рахунок тертя між ротором і рідиною та залежить від глибини занурення ротора в рідину. Це гальмо дає можливість плавного регулювання потужності і швидкості обертання вала.

Циліндричне гідравлічне гальмо зі змінним ексцентриситетом складається із статора та ротора, виконаного у вигляді циліндра (рис.1,з) [6,7]. Під час переміщення статора, утворюється конфузорно-дифузорний проміжок між бічними поверхнями ротора і статора. У такий спосіб змінюють гідравлічний опір ротора, який взаємодіє з робочою рідиною. Принцип роботи цього гальма детально описано в роботі [8].

Об'ємні гальма. На рис.1,и [9] показано розріз об'ємного гальма. При обертанні ротора, до якого прикріплено вал двигуна, обертається також ротор, що перебуває з ним у зчепленні. При обертанні роторів рідина заповнює западини між зубцями, що розкриваються, і переноситься в напрямку обертання в бік всмоктування, де збільшується її об'єм. З боку всмоктування рідина із западин видавлюється зубцями другого ротора. Оскільки обертання роторів відбувається постійно, тому у всмоктувальну камеру гальма постійно вносяться збільшені об'єми, і в ній утворюється понижений тиск, який забезпечує заповнення порожнини рідиною. Рідина, що потрапляє у всмоктувальну порожнину, проштовхується до нагнітального патрубку. Кількість рідини, яка подається гальмом, і тиск у всмоктувальному патрубку визначають величину потужності, що поглинається.

Гідравлічні гальма також можна класифікувати *за способами регулювання гальмівного моменту*. Регулювання гальмівного моменту гідрогальм досягається змінюванням:

- площі контакту поверхонь (рис.1,г,е,ж);
- значення ексцентриситету (рис.1,з);
- об'єму робочої рідини (рис.1,а,б,д,е);
- співвідношення інгредієнтів робочого середовища (рис.2,а) [10];
- напрямку подачі робочого тіла (рис.2,б) [11];
- а також застосуванням рідин з гідродинамічно активними додатками (ГДАД) (рис.1,з).

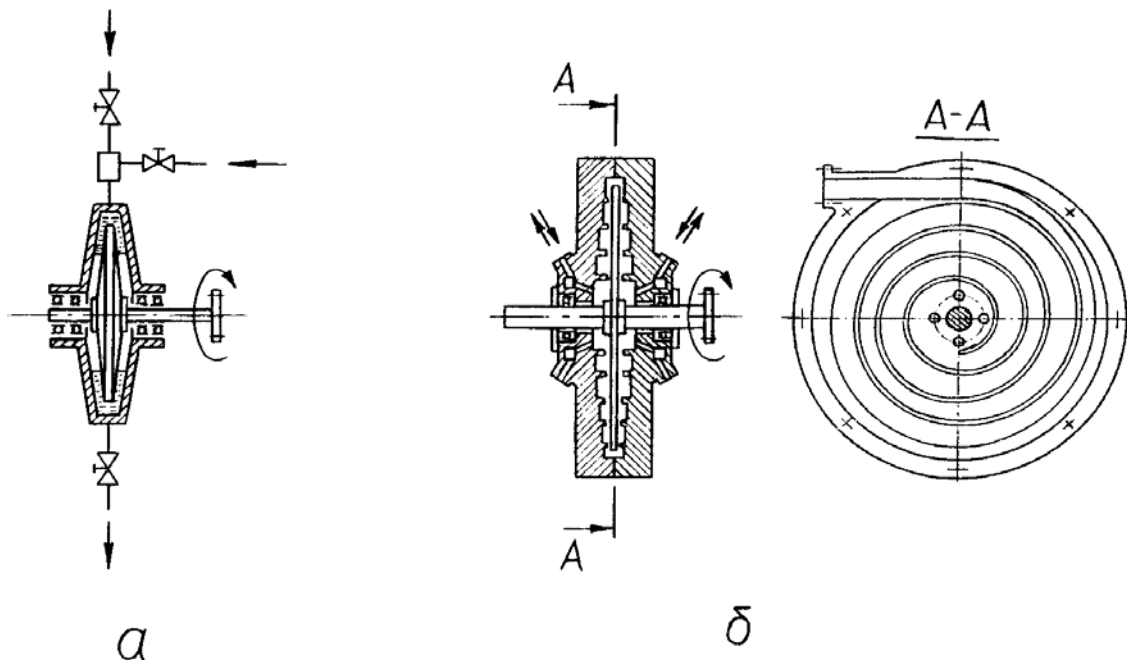


Рис.2. Схеми гідравлічних гальм
(до класифікації за способами регулювання гальмівного моменту):
а – змінюванням співвідношення інгредієнтів робочого середовища;
б – зміною напрямку подачі робочого тіла

Регулювання гальмівного моменту *змінюванням співвідношенням інгредієнтів робочого середовища* (рис. 2,а) оснований на зміні сили тертя, яка виникає під час взаємодії диску, що обертається, і робочої рідини. Сила тертя пропорційна до в'язкості робочого тіла і визначає режим роботи гідрогальма за величиною швидкості обертання. Зміна в'язкості досягається змішуванням робочих тіл, які знаходяться в різних агрегатних станах, наприклад, вода плюс повітря. При збільшенні кількості газоподібної фази в'язкість робочого тіла зменшується, що призводить до збільшення швидкості обертання, і навпаки. Мінімальне значення швидкості обертання 4000 об/хв досягається при заповненні камери гідрогальма тільки водою. Зміна концентрації робочого тіла дозволяє отримати стійкі режими роботи до 20 000 об/хв.

Гальмо з регулюванням гальмівного моменту *змінюванням напрямку подачі робочого тіла* (рис.2,б) працює так. Вал з гладким диском встановлений в корпусі, який має роз'єм в площині обертання диску, на стінках якого виконані спіральні канали, симетрично розміщені відносно площини обертання гальмівного диска, які проходять від вала до периферії і закінчуються тангенціальними каналами для подачі і зливу води. Для підведення води в канали у корпусі виконані колектори.

Обертання вала двигуна, що випробовується, передається диску. Диск гальмується за рахунок тертя об воду, яка протікає по спіральних каналах вздовж його поверхні. Рух води може проходити в попутному і зустрічному напрямках відносно диска. Потужність на валу в результаті тертя диска об воду залежить від колової швидкості. Змінюючи швидкість руху рідини в каналі, можна істотно впливати на величину потужності. При рівних коловій швидкості диску і рідини в каналі, у разі попутного їх руху, потужність падає до нуля. При зустрічному русі потужність росте. Для отримання оптимальної швидкості води в кожній точці диска канал може бути виконаний зі змінним перерізом за глибиною.

Регулювання гальмівного моменту гідрогальм із *застосуванням рідин з гідродинамічно активними додатками* (рис.1,з) [6] ґрунтується на властивості останніх знижувати гідравлічний опір рідин при їх течії в циліндричних каналах (при співвісному розташуванні ротора і статора) та збільшувати його при течіях в каналах змінного перерізу (при неспіввісному розташуванні).

Згідно з [8] циліндричне гальмо зі змінним ексцентриситетом, порівняно з іншими гальмами, має такі переваги: малогабаритність, простоту конструкції та експлуатації, широкий діапазон регулювання гальмівного моменту, плавність і контрольовану точність регулювання, малу енергоємність та довільність орієнтації в просторі.

Висновки. Аналіз конструкцій гідравлічних гальм показав, що найбільш узагальнено їх можна класифікувати за конструктивними особливостями та способами регулювання гальмівного моменту. Доцільно дослідити роботу циліндричного гальма зі змінним ексцентриситетом, що вимагає глибокого вивчення течій рідин з ГДАД в замкнених конфузоро-дифузорних каналах.

Автор висловлює вдячність доц. Чернюку В.В. за надані консультації.

1. Стефановский Б.С., Скобцов Е.А., Корси Е.К. и др. Испытания двигателей внутреннего сгорания. – М., 1972. 2. А.с. 947510 СССР, Гидротормоз / Н.С. Селецкий, Б.И. Лерман, В.И. Сутулов // Открытия. Изобрет. – 1982. – № 28. – С.171. 3. А.с. 1059316 СССР, Гидротормоз / С.А. Крейнина // Открытия. Изобрет. – 1983. – № 45. – С.153. 4. Одинец С.С., Топилин Г.Е. Средства измерения крутящего момента. – М., 1977. 5. А.с. 863925

СССР, Гидротормоз с регулируемым тормозным моментом / Н.С. Селецкий, В.И. Сутулов // *Открытия. Изобрет.* – 1981. – № 34. С.180. 6. А.с. 1618912 СССР, Способ регулирования тормозного момента гидротормоза и гидротормоз с регулируемым тормозным моментом / В.В. Чернюк, А.С. Пасичнюк, Р.М. Гнатив // *Открытия. Изобрет.* – 1991. – № 1. – С.98. 7. А.с. 1695012 СССР, Гидротормоз с регулируемым тормозным моментом / В.В. Чернюк, А.В. Бонч-Бруевич, И.В. Корабель // *Открытия. Изобрет.* – 1991. – № 44. – С.141. 8. Чернюк В.В. Гидрогаальмо з регулювальним затримним моментом // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. – 1995. – № 291. – С.54–63. 9. Гавриленко Б.А. *Гидравлические тормоза.* – М., 1961. 10. А.с. 827875 СССР, Способ регулирования нагрузки гидравлического тормоза / В.К. Титкин, В.Е. Гимпелевич // *Открытия. Изобрет.* – 1991. – № 1. – С.156. 11. А.с. 941750 СССР, Гидротормоз / Н.С. Селецкий, Б.И. Лерман, В.И. Сутулов // *Открытия. Изобрет.* – 1982. – № 25. – С.171.

УДК 62.531.3:532.542:532.135

Жук В.

ДУ «Львівська політехніка», кафедра гідравліки та сантехніки

ПІДВИЩЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВІДТОКУ РІДИНИ В ТРУБОПРОВОДАХ З РОЗДАЧЕЮ ПО ШЛЯХУ

© Жук В., 2000

In clause the numerical research of influence of design data of pipelines with distribution of liquid on a way on a degree of liquid distribution non-uniformity is carried out. It is offered to enter into a flow the polymeric additives to increase uniformity of distribution.

Забезпечення рівномірної роздачі рідини в розгалужених трубопровідних системах є важливою і досить поширеною технічною задачею. Здебільше для подібних цілей використовують регулятори тиску, котрі створюють заданий постійний тиск в різних відгалуженнях трубопроводу за допомогою додаткового гідравлічного опору. Тоді в головній магістралі створюється тиск, більший за необхідний, а на кожному конкретному регуляторі різниця тисків гаситься. При цьому втрачається частина енергії потоку.

У деяких трубопровідних системах, як, наприклад, поливних трубопроводах, немає дуже жорстких вимог до рівності тисків, проте бажаним є якомога рівномірніший відтік рідини по довжині. Підвищення рівномірності досягається збільшенням по шляху розмірів чи зменшенням кроку отворів, або ж за рахунок зміни їх гідравлічного опору за допомогою насадок різної довжини. Нами пропонується для вирівнювання розподілу тисків вводити в потік рідини гідродинамічно активні добавки (ГДАД). Вагомою перевагою такого способу регулювання величини роздачі є істотне зменшення втрат енергії на гідравлічне тертя у всьому діапазоні зони турбулентного режиму.

Метою цієї статті є дослідження впливу конструктивних параметрів розподільного трубопроводу на нерівномірність роздачі рідини по шляху та вивчення впливу полімерних додатків на значення ступеня нерівномірності.

У працях [1,2] при розв'язуванні задачі про рух рідини в трубопроводі з роздачею по шляху припускається, що роздача рідини є рівномірною, вводиться поняття постійної по