

ВТОРА ГЛАВА

3.2. Измерване на сили.

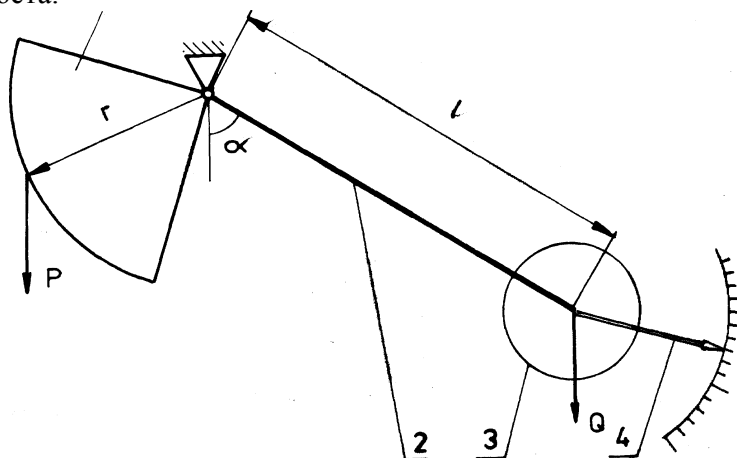
Уредите и устройствата, които се използват за измерване на сили се наричат динамометри. Основно изискване към тези преобразуватели е малко преместване на изпълнителния им орган. Това изискване в голяма или малка степен удовлетворяват всички преобразуватели използвани за преобразуването на механични величини в електрически. В зависимост от принципа си на действие, динамометрите биват; механични, хидравлични и електрични.

3.2.1. Механични динамометри.

От механичните динамометри приложение са намерили различните групи силоизмерватели, като лостови и махаловидни динамометри и измервателни глави. Лостовите и махаловидни силоизмерватели са намерили ограничено приложение, поради нелинейността на работната им характеристика. На фиг.3.2.1. е показан махаловиден динамометър от първи тип. Той се състои от измервателен сектор 1, уравниосяваща тежест 3 с уравниосяващ лост 2 и показателна стрелка 4. От условието за равновесие на системата може да се запише уравнението

$$Pr = Q.l.\sin\alpha \quad , 3.2.1.$$

където P е измерваната сила; r - радиус на сектора; Q - уравниосяваща тежест; l - дължина на лоста.



фиг.3.2.1. Махаловиден динамометър - 1-ви тип

От горното уравнение може да се определи измерваната сила

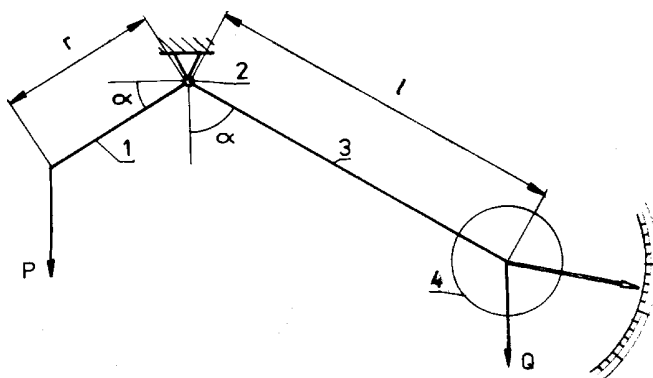
$$P = \frac{Ql}{r} \sin\alpha \quad , 3.2.3.$$

Зависимостта добива линеен характер само ако $\alpha = 90^\circ$, но това се явява частен случай, без да има реален смисъл на практика.

Подобна конструкция е показана на фиг.3.2.2., която се състои от, измервателен лост 1, шарнирна опора 2, уравниваещ лост 3, уравниваеща тежест 4, показателна стрелка и скала.

При равновесие на системата, в сила е следното равенство:

$$Pr \cos \alpha = Ql \sin \alpha, \quad 3.2.4$$

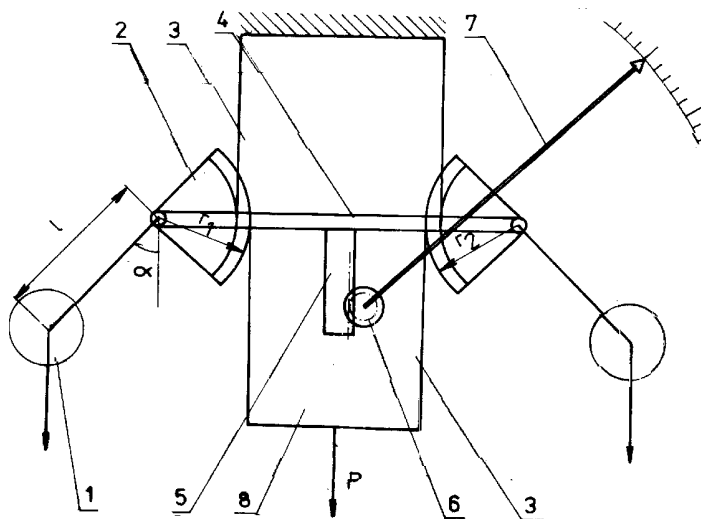


фиг.3.2.2. Махаловиден динамометър - II-ри тип.

Равенството 5.2.2. е в сила само, когато лостове 1 и 3 сключват ъгъл $\alpha = 90^\circ$. Измерваната сила е равна на

$$P = \frac{Ql}{r} \operatorname{tg} \alpha, \quad 3.2.5.$$

Принципната схема на динамометричната измервателна глава е показана на фиг.3.2.3. Тя се състои от следните елементи: уравнивесителни тежести 1, сектори 2, плоски метални нишки 3, платформа 4.



Фиг.3.2.3. Динамометрична измерителна глава.

зъбен гребен 5, зъбно колело 6, измервателна стрелка 7 и реверсивно звено 8. При въздействие на измерваната сила P системата се извежда от равновесие, като под действие на уравниващите тежести бързо се възстановява. Платформата и зъбният гребен са изменили своето положение в пространството. В резултат на което зъбното колело и измервателната стрелка са се отклонили на ъгъл пропорционален на измерваната сила P .

Моментът спрямо точката на окачване може да се определи от зависимостта

$$M_1 = q(l \sin \alpha + r_1), \quad 3.2.6.$$

При равновесие на системата, в сила е равенството:

$$2M = P(r_2 - r_1)$$

$$P = \frac{2M_1}{r_2 - r_1}, \quad 3.2.7, 3.2.8$$

Ако моментът от 3.2.7. се замести в 3.2.8. за измерваната сила се получава

$$P = \frac{2q}{r_2 - r_1} (l \sin \alpha + r_1), \quad 3.2.9.$$

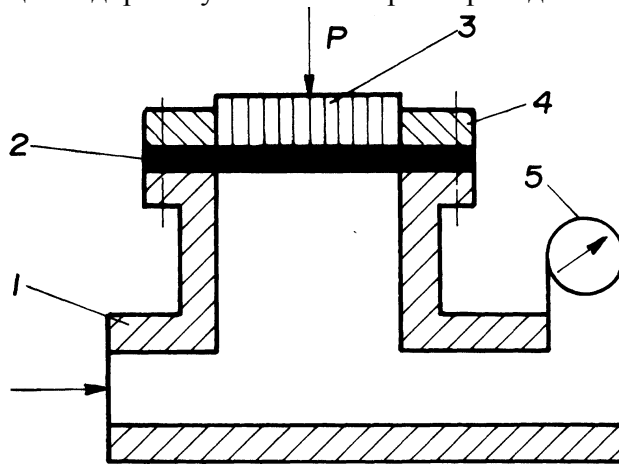
Тази зависимост има нелинеен характер, поради което измервателните глави имат ограничено приложение. Използват се за неотговорни измервания на сили в интервала от 100 до 1000 N.

Хидравличните динамометри са известни в практиката като глухи месдозы. В техническите измервания се използват две конструкции глухи месдозы: мембранни и свободно бутални.

Конструктивната схема на масово използваната мембранна месдоза е показана на фиг. 3.2.4. Тя се състои от корпус 1, мембрана 2, бутало 3, уплътнителна гривна 4 и показващ уред 5. Измерваната сила се прилага върху буталото, което въздейства върху мембраната. В резултат на това действие се изменя налягането в корпуса на месдозата, а показващият уред отчита получената разлика между отделните стойности на налягането. При измерване на малки налягания мембраната се изработва от гумиран тъкан с дебелина $\delta = 0,8-1 \text{ mm}$. За измерване на големи налягания, мембраната се изработва от берилиев бронз с дебелина $\delta = 0.06 \text{ mm}$. Наличието на мембрана и бутало създава известна неточност, тъй като между тези елементи възникват сили на триене, отразяващи се неблагоприятно върху работата на уреда. Недостатъци се явяват и честите дефекти, възникващи в мембраната, както и обстоятелството, че непосредствено преди измерване месдозата трябва да се зарежда, а налягането на флуида в корпуса да има постоянна стойност. Предимства на мембранната месдоза са: възможност за лесно обслужване; висок коефициент на ремонтпригодност, компактност на конструкцията и др.

Част от недостатъците, проявяващи се в мембранната конструкция, са избягнати при свободно буталните месдозы /фиг.3.2.5./. Тази система месдозы не е херметизирана, тъй като между буталото 5 и цилиндъра 3 е оставена определена хлабина, с което се постига намаляване на триенето между тези два елемента. При въздействие на измерваната сила P , буталото слизайки надолу, изменя налягането в

цилиндъра, което се отчита от показващия прибор 4. При създаване на определено налягане в цилиндъра се задействува хидравличната помпа 2 и буталото се установява в равновесно положение. Излишното масло изтича между стените на цилиндъра и буталото и по тръбопроводите 6 постъпва в резервоара 1.

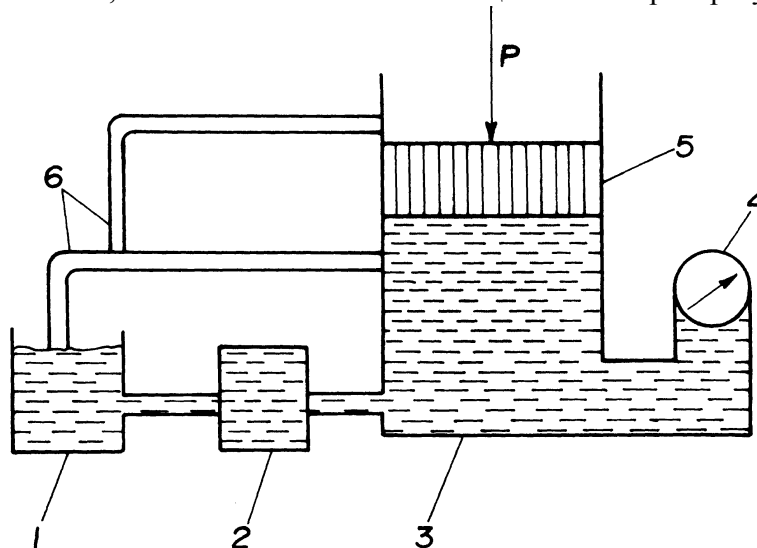


Фиг.3.2.4. Мембранна месдоза

Системата на измерване е напълно автоматизирана, но конструкцията е сложна и трудна за поддържане. Точността на измерване е висока, като грешката е около 1 %. Свободно-мембранната месдоза се използва за отговорни измервания, където изискванията за точност са много високи.

3.2.2. Електрически динамометри.

От електрическите динамометри най-голямо приложение са намерили в практиката пиезоелектрическите, магнитоеластичните и кондензаторните преобразуватели.



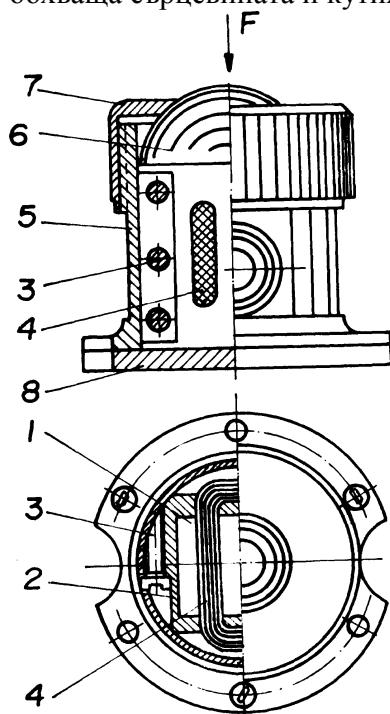
фиг.3.2.5. Бутална месдоза.

Особено малки премествания под въздействие на измерваната сила, каквито са основните изисквания към тях, са характерни за пиезоелектрическите и

магнитоеластичните динамометри, които се отличават от останалите конструкции и с високата си точност.

Пиезоелектрическите динамометри се използват за снемане на индикаторните диаграми на налягането при двигателите с вътрешно горене. Подобен динамометър е разгледан в Глава трета на втора част и е показан на фиг. 3.2.6.

Магнитоеластичен динамометър е показан на фиг.3.2.6. Сърцевината му 1 е съставена от тънки изолирани един от друг листове пермалой. Горната и долната част на сърцевината са шлайфани, за да се получи нормално разпределение на натоварването. Пакетът от пермалой е стегнат в кутията 2 от шест болта 3. Намотката 4 се състои от 220 навивки с диаметър на проводника $d=1.18 \text{ mm}$ и обхваща сърцевината и кутията.

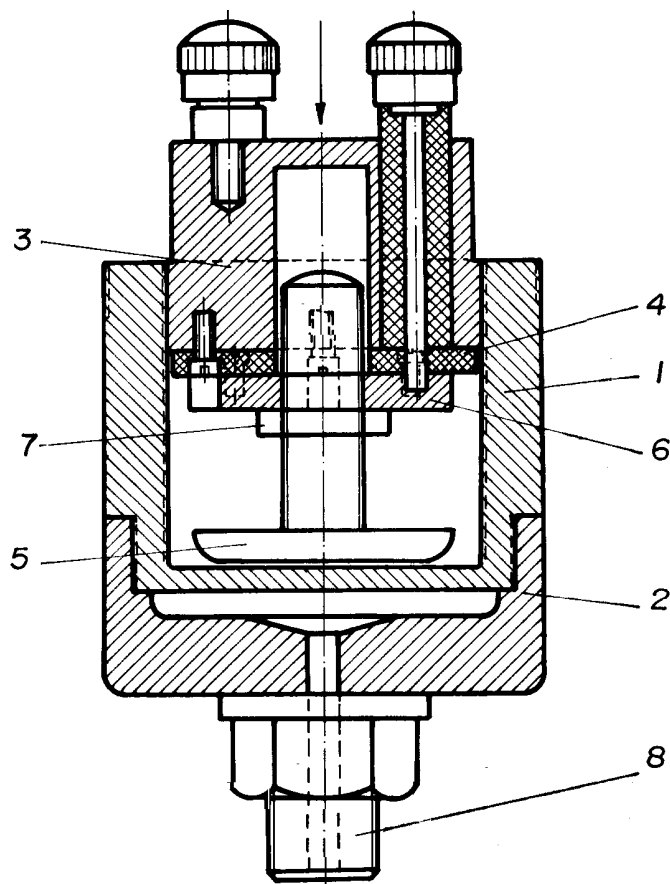


Фиг.3.2.6. Магнитоеластичен динамометър

Сърцевината, бобината и кутията се поставят в стоманен корпус 5, изпълняващ ролята на екран. Измерваната сила F се възприема от сегмента 6 и се предава равномерно върху сърцевината. Капакът 7 предпазва цялата система от външни въздействия, а дъното 8 се закрепва към корпуса с помощта на три винта. Динамометърът има висока собствена честота и може да се използва за измерване на динамично изменящи се натоварвания с честота до 1000 Hz . Изменението на температурата на околната среда, предизвиква изменение на точността, като грешката достига до 2% на 10°C . За температурна компенсация се използва мост от последователно включени медни съпротивления. Схемите на индуктивните динамометри са разгледани в Глава 2.2.5. Те се използват за измерване на сили в широк диапазон. Притежават всички предимства и недостатъци на индуктивните преобразуватели.

Конструкциите на капацитивните динамометри са извънредно разнообразни. На фиг.3.2.7. е показано устройството на капацитивен динамометър. В стоманения корпус 1, дъното 2 на който се използва за подвижна мембрана се закрепва изолационната пластина 4. Неподвижната шайба 5 е здраво закрепена към пластината 4. Шайбата 6 е изработена от желязо-никелова сплав и с винтове се закрепва към изолационна пластина. Контра гайката 7 определя положението на шайбата 5 и се използва за топлинна компенсация на грешката. Нипелък 8 се използва за закрепване на динамометъра към изследвания обект.

Собствената честота на динамометъра достига до 14000 Hz, поради което той е подходящ за измерване на динамично изменящи се сили.



Фиг.2.2.7.
Капацитивен
динамометър