



## ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ



- Величину сили вимірюють, зрівноважуючи її з якоюсь іншою силою, для якої існує градуйована шкала. Прилад для вимірювання сили називається ДИНАМОМЕТРОМ або СИЛОМІРОМ.
- У майкшердерській справі (маркшейдер - гірничий інженер або техніку) динамометр застосовується також при вимірах довжин ліній дротами, стрічками і рулетками для забезпечення їх натягу.
- Процедура вимірювання сили називається ДИНАМОМЕТРІЄЮ.

# ПРИКЛАДИ



- **ДИНАМОГРАМА У НАФТОВИДОБУВАННІ** – графік зміни навантаження в точці підвісу штанг насосних (на гирловий шток) у залежності від їх переміщення при штангово-насосній експлуатації нафтових свердловин. Теоретична динамограма нормальної роботи насоса має форму паралелограма. За відхиленням фактичної (практичної) динамограми від теоретичної виявляють дефекти в роботі глибинного насосного устаткування (попадання газу в насос, витікання в нагнітальному або у всмоктувальному клапані, заклинювання плунжера насоса в циліндрі і інш.), визначають вагу рідини, штанг, силу тертя, пружну деформацію штанг і насосно-компресорних труб. Реєструється динамограма переносним динамографом чи дистанційною телединамометричною системою диспетчерського контролю .

---

---

□ Рис. 1. Кистьовий динамометр

# ВИМІРЮВАННЯ МАСИ

- Більшість приладів для вимірювання маси ґрунтується на використанні принципу еквівалентності інертної і гравітаційної маси. За допомогою таких приладів, що їх називають «вагами», масу тіл визначають за їхньою вагою.
- В пружинних вагах вага вимірюється за ступенем деформації пружини. У важільних — вага визначається через порівняння ваги об'єкту зважування з вагою етелонів (гир) відомої маси. Однак, у стані невагомості (скажімо, на космічних станціях) такі ваги незастосовні й використовуються інші пристрої — вимірювачі маси тіла в невагомості (масметри), дія яких ґрунтується на вимірюванні періоду вільних коливань вантажу на пружині; цей період, як відомо, залежить від маси тіла.
- Маса заряджених елементарних частинок визначають за їхніми слідами у камері Вільсона (Камера Вільсона — детектор треків швидких заряджених частинок, в якому використовується здатність іонів виконувати роль зародків водяних крапель у переохолодженій перенасиченій парі). Маса короткоживучих елементарних частинок, що не залишають слідів в камері Вільсона, визначають, оцінюючи сумарну енергію продуктів їх розпаду.



□ Рис.2. Електронна вага пружинного типу



□ Рис.3. Важільна вага з набором гир (1850)



□ Рис.4. Прилад для вимірювання інертної маси у  
невагомості (масметр)





□ Рис.5. Ваги-калькулятор. Історичний експонат.

---

---

□ Рис.6. Зразок сучасних аналітичних (лабораторних)  
ваг.

## ВИМІРЮВАННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ



- Крутний момент (ісп. *par motor*; англ. *torque*; нім. *Drehmoment*) — момент внутрішніх сил у перерізі об'єкта відносно заданої осі, нормальної щодо площини перерізу, що характеризує обертальний ефект сили при дії на тверде тіло, як наприклад, на обертовий вал.
- У механіці крутний момент — це добуток однієї з сил, що складає пару сил, на плече (відстань між лініями дії сил пари). Розмірність — Нм

- У бурінні стосується обертання бурильної колони; зниження крутного моменту зазвичай досягають введенням у буровий розчин різних мастильних домішок.
- Вимірювання здійснюється *торсіометром*.
- Торсіометр (нім. Torsionsmesser m, англ. torsionmeter, torsionmeter, ісп. torsiómetro) – прилад, за допомогою якого визначають крутні момент валів машин, зокрема двигунів. Складність цього приладу перешкоджає його широкому застосуванню при випробуванні електричних машин.

# РІЗНОВИДИ



- Дзеркальний торсіометр, призначений для вимірювань відносних кутів закручування, являє собою два хомутика, закріплених у двох перетинах зразка на певній відстані (базі), на яких укріплені дзеркальця, площини яких лежать в меридіональних перетинах зразка.
- У торсіометрах суднових установок як вимірювальний вал використовується ділянка валу гребного гвинта. В інших установках, при відсутності вільних ділянок вала достатньої довжини, динамометр робиться зі своїм вимірювальним валом або у вигляді динамометричної муфти і включається між двигуном і приводним механізмом.

# ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ НАХИЛУ



- Традиційно кути вимірюють у кутових градусах, мінутах і секундах. При цьому розгорнутий кут ділиться на 180 градусів, кожен із градусів ділиться на 60 мінут, кожна з мінут на 60 секунд. Градуси позначаються значком  $^{\circ}$ , наприклад,  $37^{\circ}$ , мінUTI штрихами, а секунди подвійними штрихами.
- Кут можна розглядати і як фігуру, утворену обертанням променя, починаючи з певного початкового положення. Тоді, залежно від напрямку обертання, величина кута може набувати як додатних, так і від'ємних значень. За домовленістю вважається, що при обертанні променя проти годинникової стрілки величина кута зростає від нуля до додатних значень. При обертанні за годинниковою стрілкою величина кута зменшується, набуваючи від'ємних значень.



- Такий підхід дозволяє також розглядати значення кутів, більші від повного кута, якщо промінь здійснить більше від одного оберту. Це зручно в тригонометрії та фізиці.
- У морській справі кути вимірюються у румбах. 1 румб дорівнює  $1/32$  від повного кола (360 градусів) компаса, тобто 11,25 градуса чи  $11^{\circ}15'$ .



□ Рис.7. Шкала компаса





- В астрономії кут прямого піднесення і годинни кут в екваторіальній системі координат вимірюються в годинах, мінутах і секундах (що становлять відповідно  $1/24$ ,  $1/1440$  та  $1/86400$  від повного кола); це пов'язане з кутовою швидкістю осьового обертання Землі, яка робить приблизно 1 оберт за 24 години. Отже, за одну годину (хвилину, секунду) часу небесна сфера «повертається» приблизно на 1 годину (хвилину, секунду) у кутовій мірі. Інші кутові величини в астрономії виражаються зазвичай у градусах, мінутах та секундах дуги. Слід зазначити щоб уникнути плутанини, що одна секунда (мінута) прямого піднесення дорівнює 15 секундам (мінутам) дуги.
- В артилерії та збройовій справі використовуються також тисячні ( $1/1000$  частина радіана) та поділки кутоміра.



Деякі плоскі кути мають спеціальні назви. Крім вищезгаданих одиниць вимірювання (радіан, румб, градус тощо), слід згадати:

- квадрант — прямий кут,  $1/4$  кола);
- секстант —  $1/6$  кола, величина шкали приладу для вимірювання кутів — секстанта;
- октант —  $1/8$  кола; крім того, в стереометрії октантом називають тригранний кут, утворений трьома взаємно перпендикулярними площинами.



- Малі кути (наприклад, кут похилу поверхні) іноді вимірюють не власне кутовою мірою, а її тангенсом (або синусом), тобто відношенням піднесення по нахилені площині до проекції на горизонталь пройденого по ній шляху (або до самого цього шляху). Для випадку малих кутів похилу це відношення приблизно дорівнює куту, вираженому в радіанах ( $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$  при  $\alpha \ll 1$ ). При цьому це відношення виражається зазвичай у відсотках або проміле. Наприклад, похил дороги у 10 % означає, що на кожні 100 метрів шляху (у проекції на горизонталь) дорога піднімається на 10 м; кут до горизонту дорівнює  $\text{arctg}(10/100) \approx 5,71^\circ \approx 0,1$  радіана.



- Рис.8. Позначення кута нахилу дороги на дорожньому знаку

# НАПРЯМ ВІДЛІКУ КУТІВ



- У математиці та фізиці, зазвичай, додатнім напрямом відліку кутів вважається напрям проти стрілки годинника. Переважно, кут починають вимірювати від променя, початок якого збігається з центром системи координат (СК), а напрям — з додатним напрямом осі абсцис.
- Для визначення напрямку відліку кутів у тривимірному просторі використовують правило гвинта (правило гвинта формулюється так: якщо напрям струму збігається з напрямом руху гвинта (з правою різьбою), то напрям ліній магнітної індукції збігається з напрямом його обертального руху) .
- В географії та геодезії за початок відліку кутів по азимуту прийнято напрям «на північ»; кут відлічується за годинниковою стрілкою. Отже, напрям «на схід» відповідає азимутальний кут  $90^\circ$ , «на південь» —  $180^\circ$ , «на захід» —  $270^\circ$ . У військовій справі (артилерії) напрям відліку кутів є аналогічним, але відлік ведуть у тисячних або поділках кутоміра.

# ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ

---

- Прилади для вимірювання кутів називаються *кутомірами*. Найпопулярніший із них транспортир. Транспортир можна використовувати як для вимірювання, так і для побудови кута певної величини.
- Вимірювання кутів є важливою практичною задачею в багатьох областях науки і техніки: в астрономії, навігації, в будівництві та гірництві тощо.

□ Теодоліт — маркшейдерсько-геодезичний прилад для вимірювання кутів (горизонтальних і вертикальних) на місцевості. Застосовують теодоліт при геодезичних, маркшейдерських, астрономічних та інших роботах.

□ Рис.9. Теодоліт

□ Гоніометр (рос. гониометр, англ. goniometer, нім. Noniometer n) — прилад для вимірювання кутів між плоскими гранями твердих тіл, наприклад, кристалів. Складається з двох насаджених на загальну вертикальну вісь закритих металевих циліндрів різного діаметра з конічним переходом між ними. Використовують у кристалографії, геодезії тощо. Призначений для рекогносціювальних, розбивних і знімальних робіт при топографічних зйомках, що не вимагають високої точності.

□ Рис.10. Гоніометр



- Секстант - оптичний прилад для вимірювання величини кута між двома видимими об'єктами.



□ Рис.11.Секстант

# ВИМІРЮВАННЯ ПРИСКОРЕННЯ



- Значення прискорення матеріального тіла може бути визначене безпосередньо чи опосередковано різними методами. При визначенні прискорення слід виокремлювати прискорення лінійного руху тіла та прискорення його обертального руху. До найпоширеніших із них відносяться:
- Вимірювання сили, що діє на чутливий орган масою приладу чи його датчика, або деформації елементів кріплення чутливого органа, чи його переміщення під дією сили інерції, яка виникає під час руху матеріального тіла із прискоренням.
- Безпосереднє вимірювання відрізків шляху, який проходить матеріальне тіло за достатньо короткий проміжок часу, і подальше визначення приросту чи зменшення кожного із відрізків шляху за цей же достатньо короткий проміжок часу для того, щоб визначити поточні значення.



- До засобів вимірювання прискорення, у яких застосовано перший із наведених методів, належать так звані *акселерометри*, *деселерометри* та/або *акселерографи* і *деселерографи*. Оскільки аналогічні сили виникають також і в полі тяжіння, то за допомогою акселерометрів можна вимірювати також і гравітацію.
- Акселерографи — прилади, що вимірюють й автоматично реєструють (у вигляді графічних залежностей та/або електронних таблиць чи файлів даних із послідовним доступом) поточні значення прискорень поступального та/або обертального руху.



- Рис.12. Схема простого акселерометра. Вантаж закріплений на пружині. Демпфер пригнічує коливання вантажу

# ЗАСТОСУВАННЯ



- Застосовується при випробуваннях та експлуатації кораблів, літаків, ракет, автомобілів тощо, а також як чутливий елемент автопілотів, гіровертикалей та ін.
- Крім того, в зв'язку з розвитком автоматизованих систем числового програмного керування верстатів, акселерометри використовуються для контролю стану різального інструменту, що дозволяє в онлайн-режимі проводити корекцію законів керування та, відповідно, контролювати точність обробки виробу.
- Останнім часом завдяки поширенню знань акселерометри застосовують у манекенах для вимірювання навантаження на органи людини в екстремальних умовах.



- Також широко застосовується в смартфонах. В першу чергу, саме завдяки акселерометрам зображення на екрані змінює своє положення в залежності від горизонтальної або вертикальної орієнтації гаджета. Як наслідок, його наявність забезпечує як яскравий ігровий процес, так і деякі службові функції: наприклад, деякі моделі дозволяють прийняти вхідний дзвінок, легко потрусивши апарат. Акселерометри присутні в багатьох портативних електронних пристроях й гральних консолях, включаючи iPhone і Wii Remote від Nintendo.

*Дякую за увагу !!!*