1.0 ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ОБЕКТИ НА МАШИНОЗНАНИЕТО. ОБОБЩЕНИ КООРДИНАТИ, ЗВЕНО, КИНЕМАТИЧНА ДВОИЦА, МЕХАНИЗЪМ, МАШИНА

1.1 ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ОБЕКТИ НА МАШИНОЗНАНИЕТО

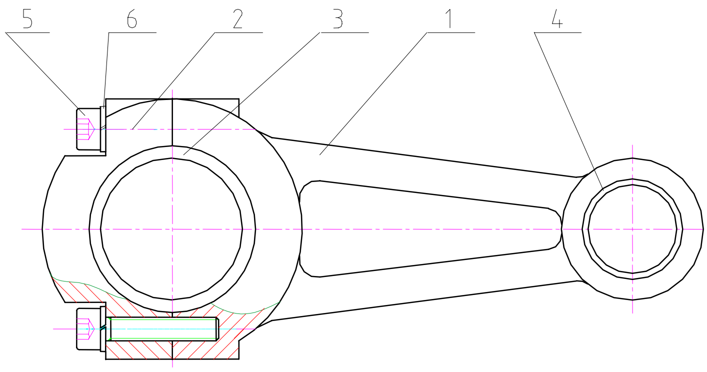
Обекти на машинознанието са абстрактните понятия от механиката - точка, тяло, механична система, идеализации на реални обекти - звено, механизъм, кинематична верига и елементите на реалните конструкции-валове, оси, лагери.

За **материална точка** може да бъде прието всяко тяло, чиито размери при определени условия се оказват несъществени. Такива са например телата, които изминават големи разстояния в сравнение с техните размери–самолет, космически кораб, планета.

Всяко **реално тяло** изменя формата си в следствие на взаимодействието си с другите материални обекти. **Абсолютно твърдо тяло** е материален обект, при което разстоянието между произволни две негови точки остава винаги непроменено. **Механична система** от материални точки или тела се нарича съвкупността от материални обекти, в която положението на всеки обект зависи от положението на всички останали обекти.

Под **механично движение** се разбира изменението на положението на даден материален обект в течение на времето спрямо други материални обекти.

Механизъм се нарича механична система, предназначена да преобразува движението на едно или няколко тела в необходимо движение на други тела. Основните материални компоненти на механизмите (материалните тела при механизмите) се наричат звена. **Звеното** е съставено от една или повече машинни части свързани неподвижно помежду си, които се движат като едно цяло при действието на механизма. В механизмите винаги има едно неподвижно звено наречено **стойка**. На фиг. 1.1 е показан опростен чертеж на мотовилка от двигател с вътрешно горене. Тя е съставена от 8 неподвижно свързани части и следва да се разглежда като едно звено, когато влиза състава на механизма на двигателя.



Фиг. 1.1. Пример за звено - мотовилка от двигател с вътрешно горене. 1. Тяло, 2. Капак, 3.Втулка лагерна, 4. Втулка лагерна малка, 5. Винт-2 бр., 6. Шайба пружинна-2 бр.

Детайлите, или машинните части, от които е съставено звеното се наричат **машинни елементи**. От формата размерите и свойствата на материалите, от които са изградени машинните елементи зависи способността им да се противопоставят на въздействия, стремящи се да ги деформират или разрушат. Тази способност се нарича **якост** на машинните елементи.

Машината е устройство, съдържащо механизми, предназначено да обслужва човешката дейност. Машините се подразделят на:

Енергетични машини – преобразуват енергия. Такива са двигателите с вътрешно горене, парни водни газови турбини, компресори и генератори.

Технологични машини – за производствени технологии и обслужване на човешкия бит. Например металургични, текстилни, битови (миксери, перални, миялни машини)

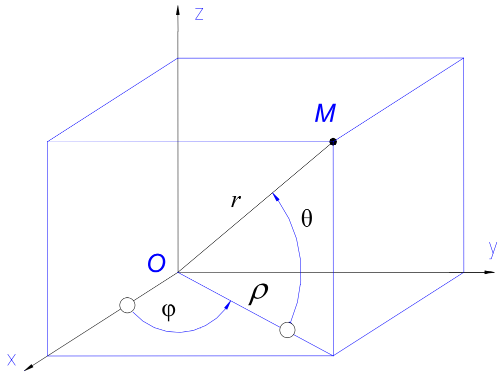
Транспортни машини – за пренасяне на материали и обекти.

Информационни машини – за преработване съхраняване и пренасяне на информация.

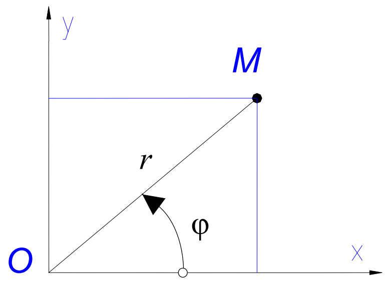
1.2. ОБОБЩЕНИ КООРДИНАТИ

Механичното движение се дефинира с относителното изменение на положението на механичните обекти. Независимите геометрични параметри, чрез които се определя положението на тези обекти - точка, тяло или механична система се наричат **обобщени координати**.

Положението на точка в пространството може да бъде зададено по три начина: координатно, векторно и в естествена координатна система. При координатния метод положението на точка се определя с трите й декартови координати x, y и z, с цилиндрични координати ρ, φ и z или със сферични координати r, φ и θ (фиг. 1.2).



Фиг. 1.2. Положение на точка в пространството



Фиг. 1.3. Положение на точка в равнината

Между векторния и координатния метод съществува връзката

$$\vec{r} = \vec{i}\,x + \vec{j}y + \vec{k}z\,, \qquad (1)$$

където $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ са единични вектори.

При естествената координатна система се използва известния от диференциалната геометрия триедър на Френе (*Frénet Frédéric Jean*, 1816-1900), който се базира на свойствата на кривата, по която се движи точката. Естественият триедър на Френе е с начало точката M и е съставен от три координатни оси наречени тангента, нормала и бинормала. Положението на точката върху траекторията й се определя чрез дължината на кривата, мерена спрямо дадена начална точка.

В равнината положението на точката се описва с две линейни декартови координати x и y, или с линейна r и ъглова φ полярни координати (Фиг. 1.3).

В общия случай положението на тяло в пространството се определя чрез шест обобщени координати. Ако в едно твърдо тяло са зададени координатите на 3 не лежащи на една права точки $M_1(x_1, y_1, z_1)$, $M_2(x_2, y_2, z_2)$ и $M_3(x_3, y_3, z_3)$, след като се отчете, че разстоянието между произволни две точки е постоянно, следват зависимостите

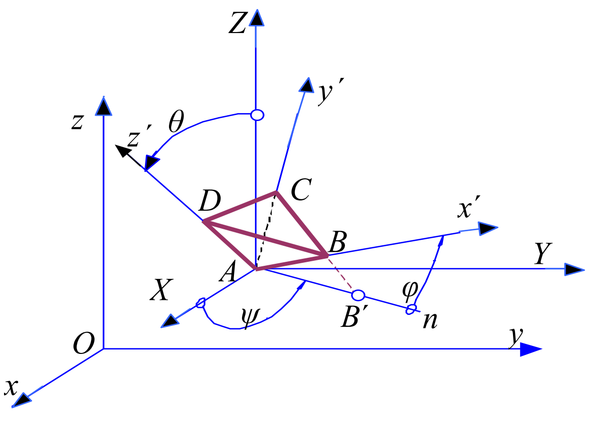
$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 = l_1^2\,,$$

$$(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 + (z_2 - z_3)^2 = l_2^2\,,$$

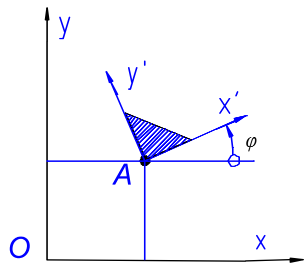
$$(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2 + (z_1 - z_3)^2 = l_3^2\,,$$

където l_1, l_2, l_3, са разстоянията между точките. От деветте координати на посочените точки независими остават шест, а останалите три се определят от горните уравнения.

Възможни са различни начини за задаване на положението на тяло в пространството чрез координати на една негова точка и три ъгла. Най-широко приложение са намерили **ойлеровите ъгли** (*Euler Leonhard*, 1707-1783). На фиг. 1.4 е показана правоъгълна пирамида $ABCD$, разположена в пространството на неподвижната координатна система $Oxyz$. Към ръбовете на пирамидата е свързана координатна система $Ax'y'z'$, като $AB \in Ax'$, $AC \in Ay'$, $AD \in Az'$. Координатната система $AXYZ$ е с оси успоредни съответно на осите на абсолютната координатна система т.е. $Ox \parallel AX$, $Oy \parallel AY$, $Oz \parallel AZ$. Секущата права An на двете координатни равнини AXY и $Ax'y'$, $An = \overline{AXY} \cap \overline{Ax'y'}$ е наречена **линия на възлите.** Първият ойлеров ъгъл ψ, наречен **ъгъл на прецесия** се заключва между ос AX и линията на възлите An. Ъгълът θ, между осите AZ и Az' е наречен **ъгъл на нутация**. Третият



Фиг. 1.4. Ойлерови ъгли: Ψ- ъгъл на прецесия;
θ – ъгъл на нутация; φ – ъгъл на собствено въртене



Фиг. 1.5 Положение на тяло в равнина

ойлеров ъгъл φ, заключен между линията на възлите An и ос Ax' е наречен **ъгъл на собствено въртене.** Положението на тялото спрямо неподвижната координатна система се задава с помощта на трите ойлерови ъгли ψ, θ, φ, и координатите на точка $A(x_A, y_A, z_A)$

В равнината положението на тяло в някои от случаите например, когато тялото се движи успоредно на равнината (координатата *z=const*), може да бъде зададено чрез координатите на точка A от негово сечение и ъгъла на собствено въртене φ (фиг. 1.5).

1.3 КИНЕМАТИЧНА ДВОИЦА

В механизмите звената се свързват така, че да извършват определено движение едно спрямо друго. Това движение се характеризира с изменението на обобщените координати в течение на времето. Подвижната връзка между две звена, осъществена чрез допиране се нарича **кинематична двоица**. От това определение следва, че след като има допиране между двете звена, то поне една от относителните шест обобщени координати не може да се променя в течение времето. В общия случай броят на неизменящите се относителни обобщени координати, наречени **ограничения** на кинематичната двоица може да бъде по-голям от една, но не може да надвишава пет, защото при повече от пет общи ограничения връзката е неподвижна и двете звена се преобразуват в едно. Така се установява, че в пространството броят на общите ограничения S между две звена е $1 \leq S \leq 5$. В равнината броят на тези ограничения е с три по-малък, защото равнинното движение отнема ротациите около две неуспоредни оси в равнината и транслацията по направление, перпендикулярно на равнината. В този случай S=4 или 5.

Прието е броят на ограниченията на относителните движения между две звена, наложени от кинематичната двоица, да се нарича **клас на двоицата**. Броят на възможните относителни движения между две звена, които свързващата ги двоица позволява да бъдат извършени, се нарича **род на кинематичната двоица**. Примери за кинематични двоици и техните схематични означения са показани в Таблица 1.1. Ограниченията на ротациите са означени с φ_i ($i = x, y, z$).

При кинематичната двоица от първи клас сфера-равнина допирането на двете звена е в точка. Ако допуснем, че има движение по направление на общата нормала прокарана през точката на допиране, следва двете звена, или се деформират, или се раздалечават едно от друго. В първия случай движението по нормалата противоречи на допускането, че звената са идеално твърди, а във втория кинематичната двоица няма да съществува, защото няма допиране. Прието е че направлението на общата нормала съвпада с ос *z,* поради което като общо ограничение е z_O*=const.*

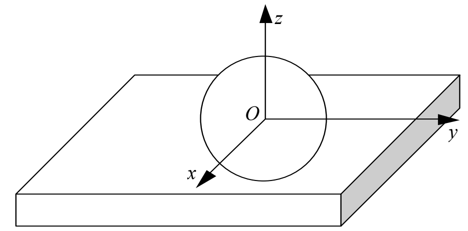
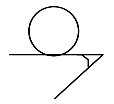
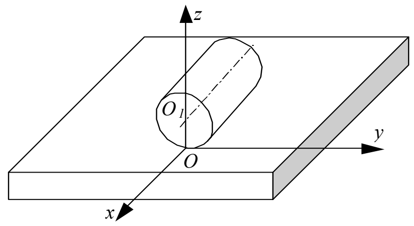
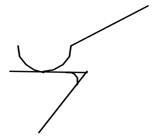
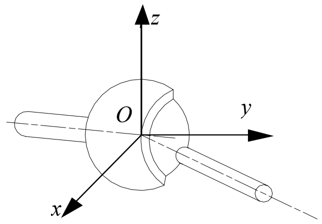
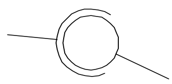
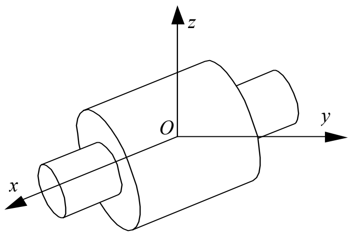
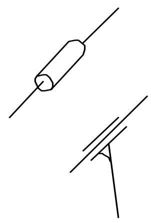
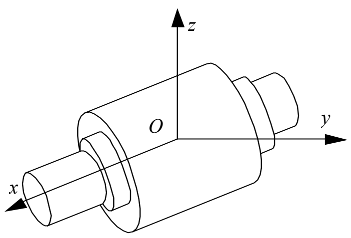
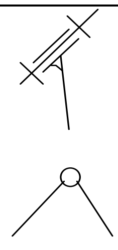
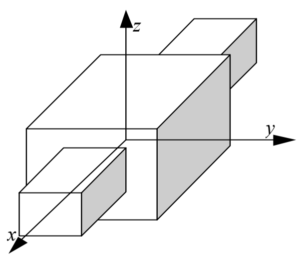
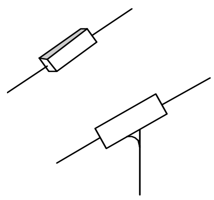
Кинематичната двоица от втори клас цилиндър-равнина може да бъде анализирана аналогично на предишната, като се вземе предвид, че допирането на двете звена се осъществява по права, която е образуваща на цилиндъра. Тъй като тази права принадлежи и на равнината, не е възможно завъртане около произволна перпендикулярна на нея ос. Такава тук е оста *y*, тъй като е прието ос *x* да съвпада с правата на допиране. Ъгълът, на който цилиндърът се завърта около ос *y* е означен с φ_y. Този ъгъл дефинира едното ограничение, а другото, аналогично на предишната двоица е движение по направление на общата нормала, построена в коя да е точка от правата на допиране.

Сферичната кинематична двоица позволява само завъртане около трите координатни оси. Едното звено на тази двоица има сферичен отвор, в който е разположена концентрично сферична повърхнина със същия радиус от другото звено. Очевидно е, че в този случай ограниченията ще бъдат относителните движения по трите координатни оси *x, y* и *z*.

Едното звено на цилиндричната двоица има цилиндричен отвор, а другото звено е с цилиндър със същия радиус, разположен съосно в отвора. Така се създава възможност за осъществяване на две относителни движения – ротация и преместване спрямо общата ос *x*. Останалите четири относителни движения (означени в таблицата) са ограничени.

Кинематичните двоици от пети клас допускат само по едно относително движение - ротация (въртящата) и преместване (плъзгащата).

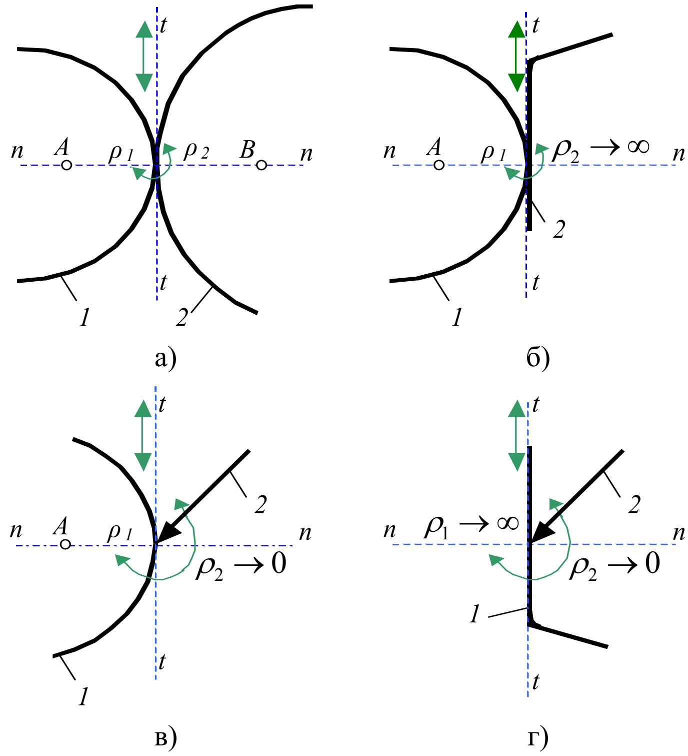
Таблица 1.1

<table>
<tr><th>Клас</th><th>Наименование и 3D изображение</th><th>Схематично изображение</th><th>Вид и брой на ограниченията</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Сфера-равнина

</td><td></td><td>1. $z_O = const$</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Цилиндър-равнина

</td><td></td><td>1. $z_{O_1} = const$
2. $\varphi_y = const$</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Сферична

</td><td></td><td>1. $x_O = const$
2. $y_O = const$
3. $z_O = const$</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Цилиндрична

</td><td></td><td>1. $z_O = \mathrm{const}$
2. $y_O = \mathrm{const}$
3. $\varphi_y = const$
4. $\varphi_z = const$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5</td><td>Въртяща

</td><td></td><td>1. $z_O = const$
2. $y_O = const$
3. $x_O = const$
4. $\varphi_y = const$
5. $\varphi_z = const$</td></tr>
<tr><td>Плъзгаща

</td><td></td><td>1. $z = const$
2. $y = const$
3. $\varphi_y = const$
4. $\varphi_z = const$
5. $\varphi_x = const$</td></tr>
</table>

1.4 КИНЕМАТИЧНИ ДВОИЦИ ПРИ РАВНИННИТЕ МЕХАНИЗМИ

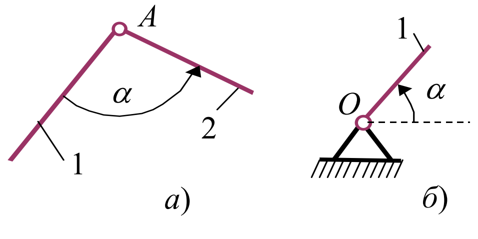
При равнинните механизми звената се движат в успоредни равнини. Тази особеност се дължи на вида на кинематичните двоици, които свързват звената. Равнинно движение осигуряват кинематичните двоици от четвърти и пети клас допускащи относителна ротация около права, перпендикулярна на равнината и преместване в самата равнина.

Двоиците от четвърти клас при равнинните механизми се наричат контурни. Допирането на звената при тях е в точка или права. Този вид двоици позволяват да се извършат две относителни движения. Първото е завъртане около точката (правата) на допиране, второто е преместване по общата тангента в същата точка. Контурните двоици се получават от кинематичте двоици от първи и втори клас (таблица 1.1), като се приеме, че звената се движат равнинно. В зависимост от радиуса на кривина на контурите може да се разграничат четири типа контурни кинематични двоици (фиг. 1.6):общият случай с два крайни радиуси (фиг. 1.6 а); краен радиус на едно от звената и безкрайно голям радиус на второто (фиг. 1.6 б); краен радиус и радиус клонящ към нула (фиг. 1.6 в); комбинацията от клонящи към безкрайност и нула радиуси (фиг. 1.6 г). Когато радиусът на кривина клони към безкрайност звеното се преобразува в права (равнина) съвпадаща с общата тангента *t-t* в точката на допиране. При клонящ към нула радиус, звеното се нарича острие. На фиг. 1.6 точки А и В са центрове на кривини, ρ_1, ρ_2 - радиуси на кривина, а *n-n* е общата нормала в точката на допиране.

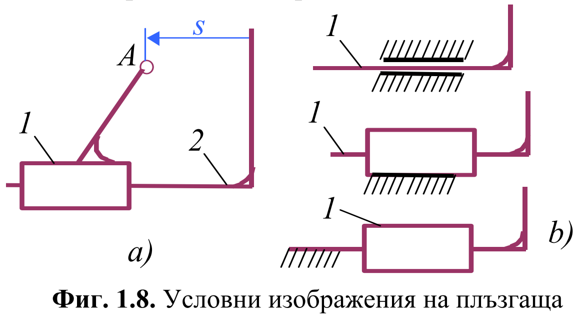


Фиг. 1.6. Видове контурни кинематични двоици

Вторият вид двоици при равнинните механизми са тези от пети клас, показани в таблица 1.1. Те се наричат елементарни кинематични двоици. При тях допирането на звената е по повърхнини. Въртящата двоица (фиг. 1.7) позволява само относителна ротация (променя се ъгълът α) на двете звена около ос перпендикулярна на същата равнина. Плъзгащата кинематична двоица (фиг. 1.8) допуска относителна транслация, (променя се параметърът s) на двете звена в равнината на движение



Фиг. 1.7. Условни изображения на въртяща кинематична двоица. *а*) при две подвижни звена. *б*) стойка и подвижно звено.



Фиг. 1.8. Условни изображения на плъзгаща кинематична двоица. *а*) при две подвижни звена. *б*) стойка и подвижно звено.

Всяка една кинематична двоица включително и тези от първи до трети клас, може да намери приложение в равнинните механизми, но при условие, че и бъдат отнети необходимите относителни движения, за да участва в равнинното движение. Например сферичната двоица в равнината се преобразува във въртяща. Цилиндричната кинематична двоица може да бъде плъзгаща, ако оста й лежи в равнината, или въртяща, ако оста й е перпендикулярна на движението.