

ОПТИМИЗИРАНЕ НА НЯКОИ СИЛОВИ И ГЕОМЕТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА СТРОИТЕЛНИ И ТОВАРОПОДЕМНИ МАНИПУЛАТОРИ.

Викенти Спасов, Илия Мрянков, Емил Асенов

vspassov@vtu.acad.bg, imryankov@vtu.acad.bg, emil_assenov@yahoo.com

**ВТУ “Тодор Каблешков”, София, 1574, ул. “Гео Милев” 158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ**

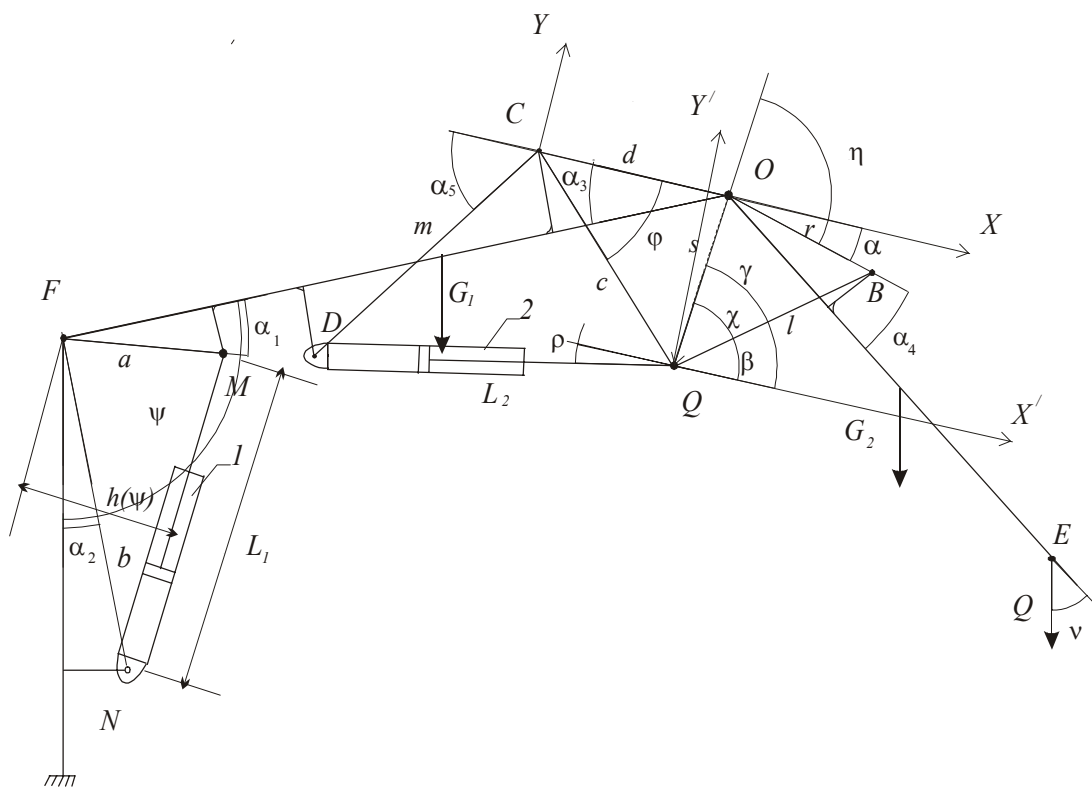
***Ключови думи:** манипулатор, оптимизиране, параметри, геометрични, силови.*

***Резюме:** В статията се разглежда принципно най-често срещаната се кинематична схема на строителен или товароподемен манипулатор. Изследват се геометричните параметри свързани с окачването на силовите хидроцилиндри, лостовата система към тях и размерите на звената. Получени са геометрични зависимости, позволяващи в последствие оптимизиране на конструктивните и силовите характеристики на този тип манипулатори.*

В статията се разглежда принципно най-често срещаната се кинематична схема на строителен или товароподемен манипулатор. Тя е реализирана на базата на антропоморфни кинематични схеми, при които съседните звена образуват ротационни кинематични двойки, задвижвани посредством силови хидроцилиндри.

Ротационните кинематични двойки могат да бъдат реализирани като безлостови и лостови. Първите се характеризират със своята простота на конструкцията, което се явява предимство за тях, но от друга страна параметрите на задвижващите ги хидравлични цилиндри като: диаметър и ход на буталото, бързо нарастват при необходимост от завъртане на звената на ъгли по-големи от 120°. Този техен недостатък може да бъде компенсиран в известна степен с подходящо синтезиран лостов механизъм.

Целта на настоящото изследване на геометричните параметри свързани с окачването на силовите хидроцилиндри, лостовата система към тях и размерите на звената, е да се получат зависимости позволяващи оптимизиране на същите с оглед постигане на по-добри конструктивни и силови характеристики на този тип манипулатори.



Фиг.1

Показаната на фиг.1 схема е реализирана с две ротационни кинематични двойки. При първата кинематична двойка хидроцилиндърът е окачен директно към двете съседни звена, а при втората кинематична двойка задвижването е посредством силов хидроцилиндър и лостова система. Наличието на лостова система значително усложнява аналитичните разглеждания, което предопределя и многовариантността на решенията.

За оптимизиране на параметрите на ротационна кинематична двойка от безлостов тип са посветени редица изследвания [1] поради което вниманието ще бъде насочено главно към ротационна кинематична двойка от лостов тип.

Задачата за оразмеряване на системата се свежда до избора на хидрацилиндър по диаметър и ход, както и точките му на окачване определени от параметрите: ъгъл α_5 и разстоянието m . Като параметри на окачването на лостовете към звената се разглеждат разстоянията d и r и ъглите α_3 и α_4 , както и дължините на лостовете c и l .

При разглеждането на кинематичната двойка с шарнир O и задвижван от лостовете c и l е въведена координатна система XY , чиято ос X минава през точките C и O и е с начало точка C . Точка Q се явява център на втора координатна система $X'Y'$, чиято оси са успоредни на първата.

Положението на звеното OE както и на лостовете c и l се определя чрез ъглите α, β и φ . Ъгъл φ се приема за независим параметър, а връзките $\alpha = \alpha(\varphi)$ и $\beta = \beta(\varphi)$ се намират като се използва метода на затворения векторен контур.

- От фиг.1 се вижда, че
- (1) $\alpha = \gamma - \eta; \quad \beta = \gamma - \chi.$

Въвежда се помощният вектор $\vec{s} = \vec{QO}$ и се написва векторното уравнение

(2) $\vec{c} + \vec{s} = \vec{d}$

където $\vec{c} = \vec{CQ}$ и $\vec{d} = \vec{CQ}$. След проектиране върху координатните оси X и Y се получават уравненията

(3) $c \cdot \cos \varphi + s \cdot \cos \gamma = d;$
 $c \cdot \sin \varphi - s \cdot \sin \gamma = 0,$

от които се определя

(4) $\operatorname{tg} \gamma = \frac{c \cdot \sin \varphi}{d - c \cdot \cos \varphi}.$

От триъгълника OBQ съгласно косинусовата теорема имаме

(5) $r^2 = s^2 + l^2 - 2 \cdot s \cdot l \cdot \cos \chi;$
 $l^2 = s^2 + r^2 - 2 \cdot s \cdot r \cdot \cos(\pi - \eta),$

от които се определят ъглите:

$$\chi = \arccos \frac{s^2 + l^2 - r^2}{2 \cdot l \cdot s};$$

(6) $\eta = \arccos \frac{l^2 - r^2 - s^2}{2 \cdot r \cdot s},$

където

$$s = \sqrt{r^2 + d^2 - 2 \cdot r \cdot d \cdot \cos \varphi}.$$

В (1) се замастват ъглите γ, χ и η с получените за тях уравнения и се намират търсените зависимости:

(7) $\beta(\varphi) = \operatorname{arctg} \frac{c \cdot \sin \varphi}{d - c \cdot \cos \varphi} - \arccos \frac{s^2 + l^2 - r^2}{2 \cdot l \cdot s};$
 $\alpha(\varphi) = \operatorname{arctg} \frac{c \cdot \sin \varphi}{d - c \cdot \cos \varphi} - \arccos \frac{l^2 - s^2 - r^2}{2 \cdot s \cdot r}.$

За определяне на силата в лоста l е съставено моментовото уравнение $P_l(Q, G_2, l_i) = 0$ изхождайки от условието за равновесие $\sum M_{O_i} = 0.$

За големината на силата в лоста се получава

(8) $P_l = \frac{(Q \cdot l_{2Q} + G_2 \cdot l_{2G}) \cdot \sin \nu}{s \cdot \sin \chi}.$

Силите в лоста r и хидроцилиндъра 2 се определят след решаване на системата от проекционни уравнения спрямо осите на координатната система $X'Y'$, $\sum X'_i = 0$ и $\sum Y'_i = 0$, от където са получени и изразите за силите в лоста c и хидроцилиндъра 2 съответно:

$$P_c = \frac{P_l (\cos \beta - \sin \beta \cdot \operatorname{cotg} \rho)}{\cos \varphi + \sin \varphi \cdot \operatorname{cotg} \rho};$$

$$(9) \quad P_2 = \frac{P_l(\sin \beta + \cos \beta \cdot \cotg \varphi)}{\sin \rho + \cos \rho \cdot \cotg \varphi},$$

където

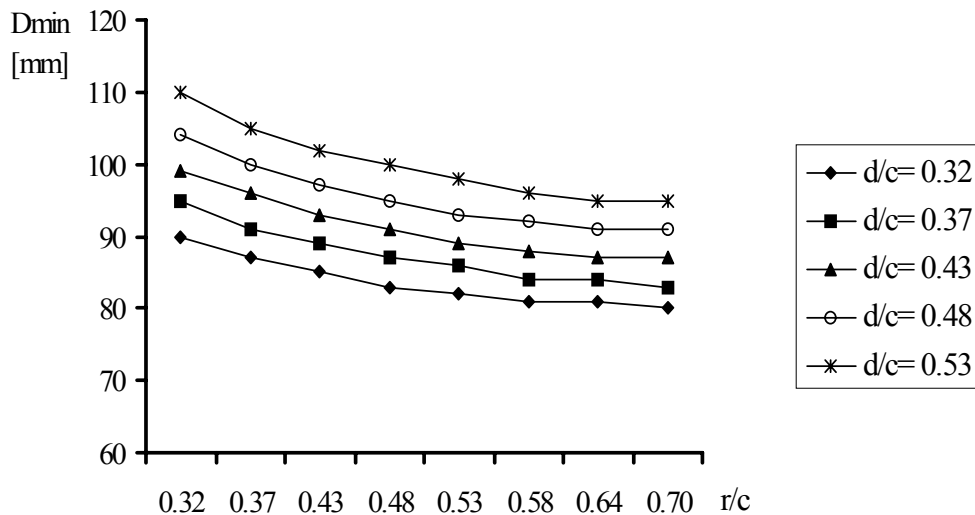
$$\rho = \arccos \frac{L_2 + m^2 - c^2}{2 \cdot L_2 \cdot m} - \alpha_3.$$

Силата в хидроцилиндъра 1 на първото звено се определя от моментовото условие за равновесие $\sum M_{F_i} = 0$ или $P_1(G_1, G_2, Q, l_i) = 0$. От тук се получава:

$$P_1 = [G_1 \cdot l_{G1} \cdot \sin \psi + G_2 (l_1 \cdot \sin \psi + l_{G2} \sin \nu) + Q \cdot (l_1 \cdot \sin \psi + l_2 \cdot \sin \nu)] / h(\psi),$$

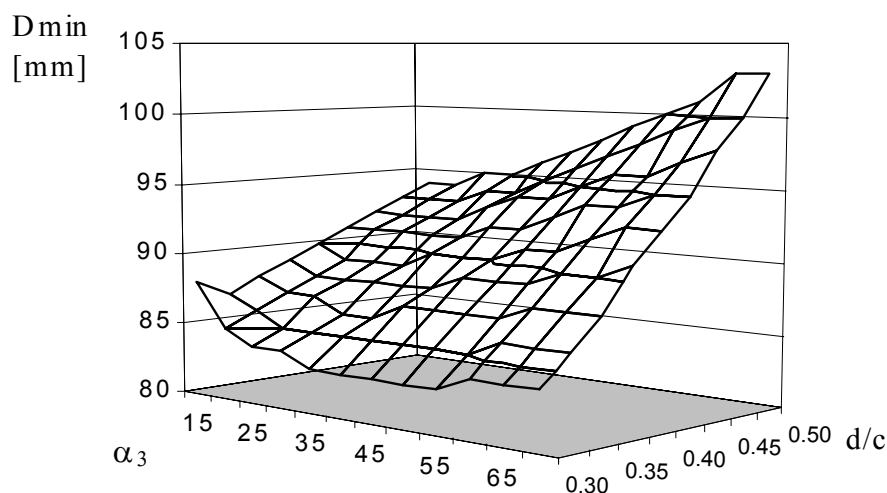
където:

$$h(\psi) = \frac{a \cdot b \cdot \sin(\psi - \alpha_1 - \alpha_2)}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos(\psi - \alpha_1 - \alpha_2)}}.$$



Фиг.2

С изложения математичен апарат са изследвани геометричните и силовите параметри от лостовата система на кинематичната двойка. Графиките на фиг.2 показват връзката между необходимия минимален диаметър D_{min} на хидроцилиндър 2 и дължините d и r представени като отношения d/c и r/c . С увеличаване на размера r се намалява D_{min} . При стойности на $r/c > 0.6$ това намаление е незначително и ще доведе до намаляване на максималния ъгъл между звената. Намаляването на размера d също води до намаляване на D_{min} и възможните минимални стойности ще се определят от конструкцията. На фиг.3 се вижда влиянието на d и α_3 върху необходимия минимален диаметър D_{min} на хидроцилиндъра 2.



Фиг.3

Заклучение

Получени са геометрични зависимости, позволяващи оптимизиране на конструктивните и силови характеристики на манипулатори от този тип. На базата на получените зависимости е създаден алгоритъм и програма за ЕИМ, което дава възможност в процеса на проектиране да се правят голям брой вариантни решения, чрез промяна на входните величини.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] БАШКИРОВ В. А., Выбор оптимальных параметров стелоподъемного механизма с гидропривода., Строительные и дорожные машины, Москва, 1982.
- [2] ЖАВНЕР В.Л., З.И. КРАМСКОЙ, Погрузочные манипуляторы., Машиностроение, 1985.

OPTIMIZATION SOME FORCE AND GEOMETRICAL PARAMETERS OF HANDLING AND BUILDING MANIPULATORS

V.Spasov, I.Mriankov, E.Assenov

*ВТУ "Тодор Каблешков",
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158, E-mail:vtu.acad.bg*

Keywords: *manipulator, optimisation, parameters geometrical and force.*

Summary: *We consider kinematical scheme that is commonly use in handling and building manipulators. We make a study of geometrical parameters concerning hydraulic cylinders and connecting rod system – their dimensions and places, We obtain geometrical and force relationship, that are base for optimisation of design and force characteristics of these manipulators.*