

УДК 621.01

А. К. ТУЛЕШОВ¹, Н. К. ДЖАМАЛОВ¹, Б. И. АХМЕТОВА²

¹*Академик Ө. А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан*

²*«Ғарыштық техника және технология институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан*

АЛТЫБУЫНДЫ ҚОСИІНДІ ПРЕСКЕ MATLAB/SIMULINK БАҒДАРЛАМАСЫНДА КИНЕМАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Мақалада төртбуынды өзгертін контуры бар қосиінді престің механизмі қарастырылған. Кинематикалық талдау есебі қарапайым функциялар арқылы аналитикалық түрде шешілуі мүмкін екені көрсетілген. Қарастырылып отырған механизмге Matlab/Simulink бағдарламасында кинематикалық талдау жасалынып, жылдамдық пен үдеудің аналогтары анықталған.

Түйін сөздер: *иінтіректі механизм, контур, қосиін, шатун, пресс, штамп, жұдырық, жүгірткі, буын.*

Рассмотрен механизм кривошипного пресса с четырехзвенным изменяемым контуром. Показано, что задача кинематического анализа может быть решена аналитически через элементарные функции. В программе Matlab/Simulink был проведен кинематический анализ рассматриваемого механизма и определены аналоги скоростей и ускорений.

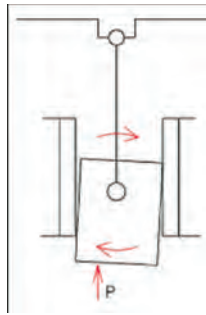
Ключевые слова: *рычажный механизм, контур, кривошип, шатун, пресс, штамп, кулачок, ползун, звено.*

The article describes the mechanism of the crank press with a four-link variable circuit. It is shown that the problem of kinematic analysis can be solved analytically through elementary functions. In the Matlab Simulink program the kinematic analysis of the considered mechanism was carried out and analogs of speeds and accelerations were determined.

Key words: *lever mechanism, contour, crank, connecting rod, press, stamp, Cam, slider, link.*

Қосиінді престің маңызды параметрлерінің бірі-штамптау дәлдігі. [1-3]

Бір шатуны бар БЖМ қосиінді престерде жүктемені ауыстыру кезінде жүгірткі 1-суретте көрсетілгендей ауытқулар болады, бұл жағдайда жүгірткі мен бағыттаушы арасындағы параллельдік бұзылады. Бұл ауытқу жүктеме көлеміне пропорционалды.



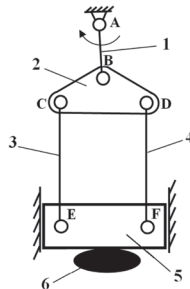
Сурет 1 – БЖМ бір шатунды қосиінді пресі

БЖМ екі қосиіні бар, қосиінді прес болған жағдайда жүктеменің жылжу әсері бір қосиінді преспен салыстырғанда аз болады. Дәлдікті талап ететін бұйымдарды штамптаған жағдайда екі қосиіні бар БЖМ пресін пайдалану себептерінің бірі эксцентрикалық жүктеменің ең жақсы төзімділігі болып табылады.

Екі шатуны бар қосиінді престер бір шатуны бар престермен салыстырғанда, жүгірткіге күштерді ең жақсы орналастыруы және бағыттаушы жүгірткіге тиісінше аз жүктеменің арқасында үлкен артықшылықтарға ие. Екі шатуны бар типтік қосиінді престердің кемшіліктері конструкцияның күрделілігі, габариттердің ұлғаюы, қосымша қосиін мен шатунның болуына байланысты металл сыйымдылығы болып табылады.

Қосиінді престе жетекші буын ретінде негізінен қосиінді, сирек жағдайларда жұдырықшаны қолданады. Қосиінді ұсталық-штампылау машиналарында штамп орнын ауыстыратын жүгірткі сол немесе басқа түрдегі қосиінді-иінтіректі механизмінің жұмысы кезінде берілген қайтарымды-ілгерілемелі қозғалыс жасайды. Жұмыс механизмі мен беріліс механизмі арасындағы бұл байланыс кинематикалық қатты болып табылатындықтан орындалатын жұмыстың сипатына қарамастан, сырғу жылдамдығының өзгеруі әрдайым белгілі бір заң бойынша жүреді деп есептеуге болады. Жүгірткінің бір қайтарымды-ілгерілемелі қозғалысының уақыты прес жұмысының циклына сәйкес келеді. Жүгірткінің соңғы жағдайларында цикл үшін екі рет жылдамдық нөлге тең. Осылайша, қозғалыс көлемі бойынша ауыспалы инерциялық күштердің әсерімен жүреді.

Екі шатуны және бір қосиіні бар қосиінді престің жаңа басты жұмыс механизмінің (БЖМ) әзірлеу үшін (2-сурет)

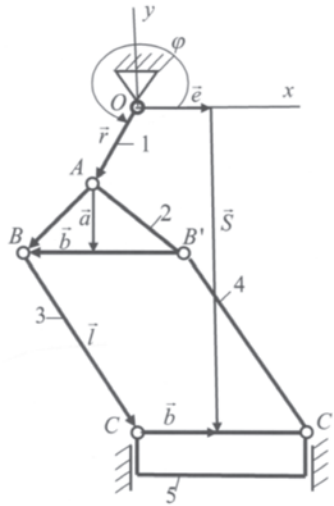


Сурет 2 – БЖМ престің жаңа иінтіректі механизмінің кинематикалық схемасы

БЖМ пресінің механизмі (2 сурет) 1 қосиін, 2 буыннан тұрады, В, С және D үш айналмалы кинематикалық жұптары, 3 және 4 екі шатундар, сондай-ақ 5 жүгірткісі бар. 5 жүгірткісі Е және F екі айналмалы кинематикалық жұптары бар, олар тиісінше 3 және 4 шатундарына байланысты. 2 үшжұптық буыны, 3, 4 шатундар және 5 жүгірткісі өзара төртбұрышты тұйық өзгеретін CDEF контурын құрайды.

БЖМ пресінің иіктіректі механизмі келесідей жұмыс істейді. Қосиін 1 толық бұрылысында ол 2 үшжұптық буыны және 3 және 4 шатундар арқылы 5 жүгірткінің қозғалысын береді, ол өз кезегінде 6 өңделетін объектіге әсер етеді. Бұл ретте 5 жүгірткінің өңделетін 6 объектімен жанасу сәтінде 3 және 4 шатундар параллель күйде болады, бұл өңделетін 6 объектіге де, пресінің буындары арасында да жүктемелердің біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.

4-ші класты иіктіректі механизмнің кинематикалық талдауы жалпы түрде 6-ші ретті полиномның түбірін анықтауға әкеледі, сондықтан ережелер туралы есеп қарапайым функциялар класында шешілуі мүмкін емес [4]. Бұл жағдайда табылған түбірлерге сәйкес механизмнің берілген бастапқы жағдайы бар трансцендентті теңдеулер жүйесін шешуге тура келеді. 4-ші класты иіктіректі механизмнің жеке жағдайын қарастырайық (сурет 3), оның өзгеретін контуры параллелограмм болып табылады. Бұл жағдайда кинематикалық талдау міндеті қарапайым функциялар арқылы аналитикалық түрде шешілуі мүмкін. [5]



Сурет 3 – 4-класты иіктіректі механизм

4-класты иіктіректі механизм контурының тұйықтылық теңдеуін векторлық формада жазамыз (3 сурет)

$$\vec{r} + \vec{a} + \vec{b} + \vec{l} - \vec{b} = \vec{S} + \vec{e} \quad (1.1)$$

(1.1.) координаттық оське проекциялап, біз

$$\begin{cases} r \cos \varphi + l \cos \psi = e \\ r \sin \varphi - a + l \sin \psi = -S \end{cases} \quad (1.2)$$

(1.2) ізделетін қозғалыс заңдарын алуға болады $S = S(\varphi)$, $\psi = \psi(\varphi)$

$$\begin{cases} S = a - r \sin \varphi - l \sin \psi \\ \cos \psi = -\frac{1}{l}(e - r \cos \varphi) \end{cases} \quad (1.3)$$

(1.3) өрнекті келесідей түрде жазуға болады

$$\begin{cases} S = a - r \sin \varphi \pm \sqrt{l^2 - (e - r \cos \varphi)^2} \\ \psi = \pm \arccos \left[\frac{1}{l}(e - r \cos \varphi) \right] \end{cases} \quad (1.4)$$

\pm белгілер механизмнің түрлі жинақтарына сәйкес келеді.

Жылдамдықтар мен үдеулердің аналогтарын анықтау үшін жалпыланған координат φ бойынша (1.3) теңдеуді дифференциалдаймыз

$$\begin{cases} S' = -r \cos \varphi - l \cos \psi \cdot \psi' \\ \psi' \sin \psi = -\frac{r}{l} \sin \varphi \end{cases} \quad (1.5)$$

$$\begin{cases} S'' = r \sin \varphi + l \sin \psi \cdot \psi'^2 - l \cos \psi \cdot \psi'' \\ \psi'' \sin \psi + \cos \psi \cdot \psi'^2 = -\frac{r}{l} \cos \varphi \end{cases} \quad (1.6)$$

Орталық механизм үшін, $e = 0$ болғанда жоғарыда келтірілген формулалар сәл жеңілдетіледі

$$\begin{cases} S = a - r \sin \varphi \pm \sqrt{l^2 - r^2 \cos^2 \varphi} \\ \psi = \pm \arccos \left[\frac{r}{l} \cos \varphi \right] \end{cases} \quad (1.6')$$

Қалыпты қосиінді-жүгірткі механизмнен айырмашылығы (1.6) және (1.6') формулаларға параметр кіреді

Жылдамдықтардың аналогтарын анық түрде алуға болады

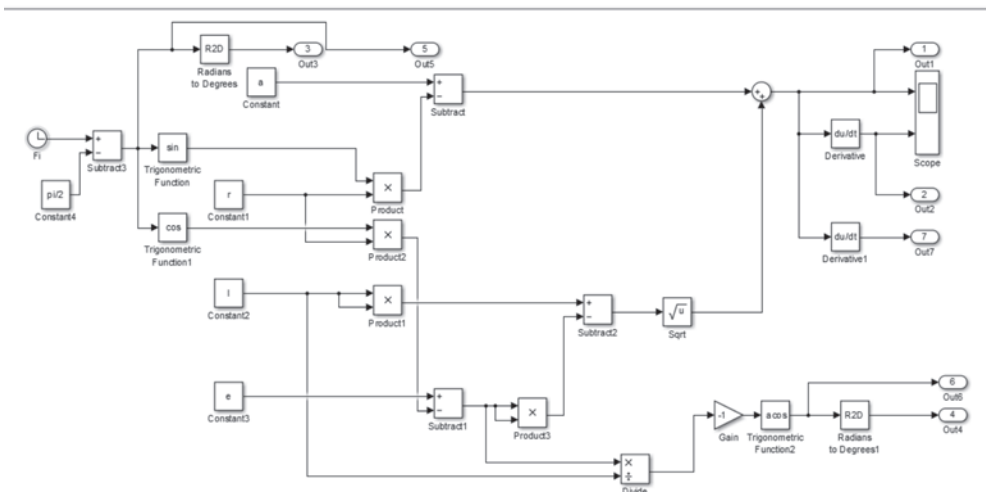
$$\begin{cases} S' = -r \cos \varphi \pm \frac{r^2 \sin \varphi}{2\sqrt{l^2 - r^2 \cos^2 \varphi}} \\ \psi' = \mp \frac{r \sin \varphi}{\sqrt{l^2 - r^2 \cos^2 \varphi}} \end{cases} \quad (1.7)$$

Үдеудің аналогтарын (1.7) теңдеді φ бойынша дифференциалдап алуға болады

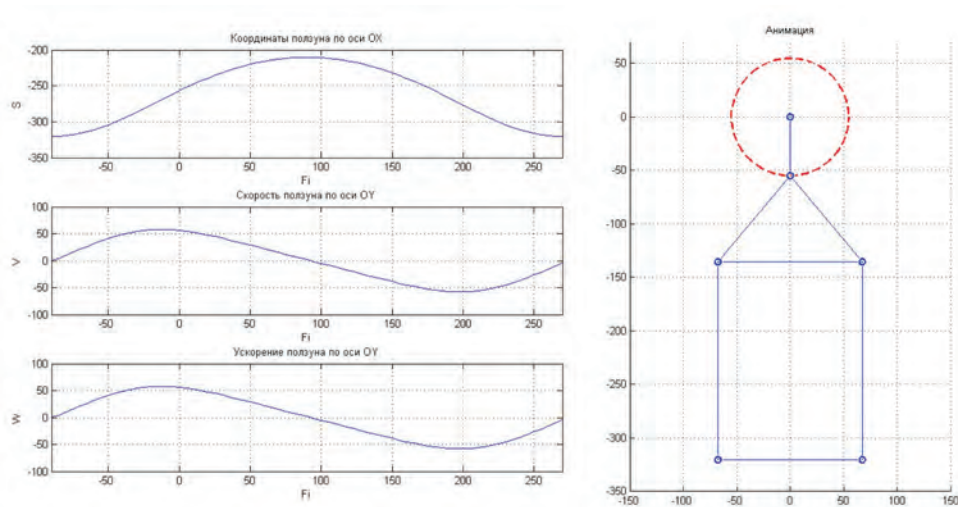
$$S'' = r \sin \varphi \pm r^2 \left(\frac{\cos \varphi}{\sqrt{l^2 - r^2 \cos^2 \varphi}} - \frac{r^2 \sin^2 \varphi \cos \varphi}{2(l^2 - r^2 \cos^2 \varphi)^{3/2}} \right)$$

$$\Psi'' = \pm r \left(\frac{\cos \varphi}{\sqrt{l^2 - r^2 \cos^2 \varphi}} - \frac{r^2 \sin^2 \varphi \cos \varphi}{2(l^2 - r^2 \cos^2 \varphi)^{3/2}} \right)$$

Осы алынған теңделерді Matlab/Simulink бағдарламасына салу арқылы нәтижесін қарастырамыз



Сурет 4 – Кинематикалық сараптаманың Matlab/Simulink моделі



Сурет 5 – Қосиінді пресітегі жүгірткінің ОУ өсі бойынша s) жылжуының орналасуы v) жылдамдығы және с) үдеуінің графигі.

Қорытынды. Қосиінді пресстің кинематикасын зерттеудің сандық аналитикалық әдісі жасалды. Жылдамдықтар мен үдеулердің аналогтары анықталды. Біз Matlab/Simulink бағдарламасын қолдану арқылы кинематикалық сараптаманың моделін ұсындық. Алтыбуынды кривошипті пресстің жылжуының орналасуын, жылдамдығын және үдеуінің графигін алдық. Алынған нәтижелер арқылы, басқа жұмыстармен салыстыра отырып тиімділік жағынан артықшылықтарын байқадық.

Алынған нәтижелер механизмнің жұмыс істейтінін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТ

1 Зимин А.И. Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства. - М.: Машгиз, 1953. – 454 с.

2 Свистунов В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: учебное пособие. - М.: МГИУ, 2008. – 704 с.

3 Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.

4 Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.

5 Разработка методов и технологии проектирования силовых пресс-автоматов на базе новых кривошипных исполнительных механизмов : отчет о НИР (промежуточ.) /РГП на ПХВ ин-т ИММаш им.Джолдасбекова; рук. Ю.М.Дракунов.-2018.-160 с.; №ГР 0118РК00774. – Инв. № 0218РК00926РК.

6 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин – М.: Машиностроение, 1975. – 490 с.

7 Баранов Г. Г. Курс теории механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 352 с.

8 Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – М.: Наука, Т. I. 1982 – 352 с.

9 Джолдасбеков У.А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов. – Алма-Ата: Наука, 1983 – 256 с.

10 Артоболевский И.И. Структура, кинематика и кинетостатика многозвенных плоских механизмов. – М., Л: Изд-во АН СССР, 1939 – 232 с.