

УДК 621.961

Чоста Н. В.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ С КЛИНОШАРНИРНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СОРТОВОГО ПРОКАТА НА МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Экономия энергоресурсов и материалов, снижение трудоемкости и улучшение качества продукции – важные задачи, которые следует решать на всех технологических этапах металлообрабатывающего производства, включая разделение проката на мерные заготовки. В области разделительных операций используются более 10 традиционных технологий, которые реализуются на известном серийном оборудовании – прессах и ножницах. Дальнейшее развитие заготовительного производства возможно при условии разработки новых методов разделения с использованием нестандартных механизмов в машинах.

Разделительные операции являются одними из самых распространенных в обработке материалов давлением. Они выполняются, как на специализированном кузнечно-прессовом оборудовании: ножницах, хладноломах и др., так и на универсальном: гидравлических и механических прессах, молотах, пресс-молотах, в которых, в качестве исполнительных механизмов, применяются: гидроцилиндры, кривошипно-шатунные, коленно-рычажные, винтовые механизмы, являющиеся, как правило, многозвенными и имеющие сравнительно невысокую жесткость [1].

Разделительные операции отличаются от других операций обработки материалов давлением тем, что для их проведения необходимо обеспечить максимальную силу разделения в начале рабочего хода. Это требует от исполнительных механизмов кузнечно-прессового оборудования учета такого характера силовой нагрузки. Существующие традиционные исполнительные механизмы машин для разделительных операций не удовлетворяют в полной мере этим требованиям [2-5].

Более эффективными, в этом смысле, являются клиновые, в том числе, разрабатываемые в Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА), клиношарнирные механизмы, имеющие большие опорные поверхности, небольшую высоту звеньев по направлению действия рабочей силы, переменность соотношения между приводной и рабочей силами [6–8].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что совершенствование клиношарнирного механизма и создание на его основе нового типа кузнечно-прессового оборудования, предназначенного для повышения уровня заготовительного производства, являются задачами актуальными и имеющими важное научное и практическое значение.

Цель работы – разработка новых схем оборудования и оснастки с клиношарнирным приводом для разделительных операций.

Для привода механических прессов различного назначения разработаны разнообразные виды клиношарнирных механизмов, позволяющие решать ряд проблем, возникающих при создании специализированных машин и механизмов, оптимизации технологических процессов обработки металлов давлением [9–11].

В общем случае, основными элементами клиношарнирного механизма являются (рис. 1): клин 1, шарнир 2 и ползун 3, на который устанавливается инструмент. Клин своей рабочей поверхностью воздействует на шарнир, который поворачивается в пазу ползуна, передавая силу на последний. Отличиями клиношарнирного механизма от механизмов, применяемых в традиционных машинах ОМД, являются: большая поверхность, воспринимающая технологическую силу; небольшая высота его звеньев по направлению действия рабочей силы, что приводит к уменьшению их упругой деформации и, соответственно, уменьшению величины накапливаемой энергии упругой деформации в механизме; высокая жесткость; переменность соотношения между приводной и рабочей силами; возможность обеспечения приводной силы от общепринятых механизмов; технологичность изготовления; разнообразие сочетаний сопрягаемых поверхностей – выпуклые-вогнутые, что придает им новые свойства; возможность применения различных систем смазки [7, 8].

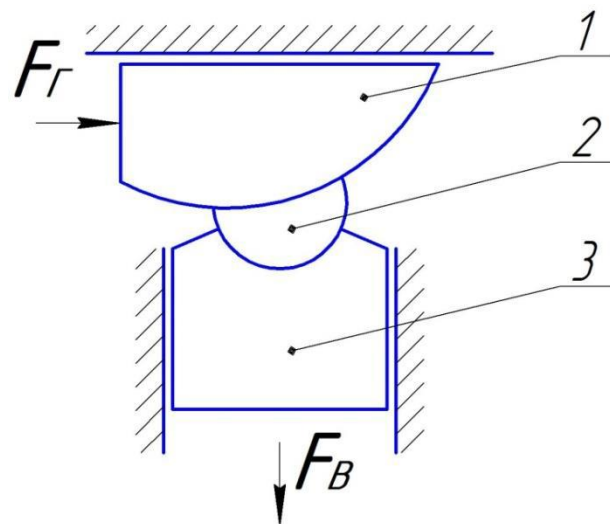


Рис. 1. Схема клиношарнирного механизма с выпуклым клином [9] (1 – клин; 2 – шарнир; 3 – ползун)

Однако существующие клиношарнирные механизмы не могут обеспечить силовой режим нагружения, характерный для разделительных процессов, требующих обеспечения максимальной технологической силы в начале рабочего хода.

Поиск нестандартного исполнительного механизма, удовлетворяющего требованиям реализации разделительных процессов, позволил разработать новый клиношарнирный механизм с вогнутым клином, в котором движение начинается с положения вогнутого клина 1 при угле поворота шарнира 2 равно нулю ( $\varphi = 0^\circ$ ), когда сила на ползуне максимальная (рис. 2).

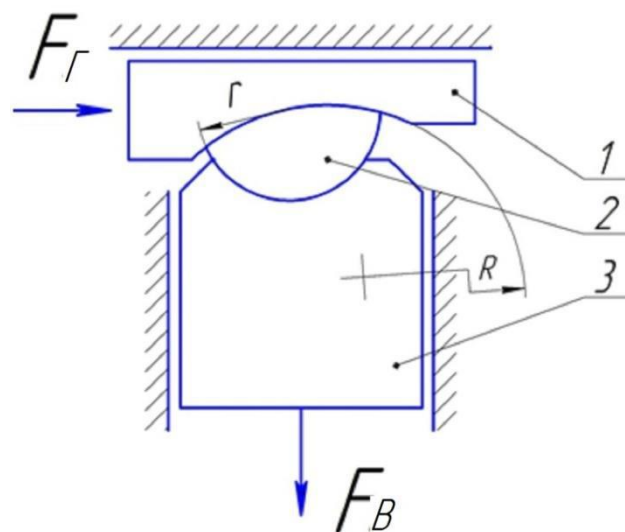


Рис. 2. Схема КШМ с вогнутым клином [12] (1 – клин с переменной клиновидностью; 2 – шарнир; 3 – ползун)

Рассмотрим перспективные схемы реализации оборудования и оснастки с клиношарнирным механизмом.

Пресс с клиношарнирным механизмом, конструктивная схема которого представлена на рис. 3, позволяет осуществлять разделение сортового проката без реверса привода за счет выполнения шарнира с поверхностями, контактирующими с двумя вогнутыми клиньями (рис. 3).

Для реализации нескольких операций, например, нанесения концентратора напряжений и непосредственно разделения проката в плоскости концентратора напряжений, предложена конструкция прессы с парой клиношарнирных механизмов (рис. 4).

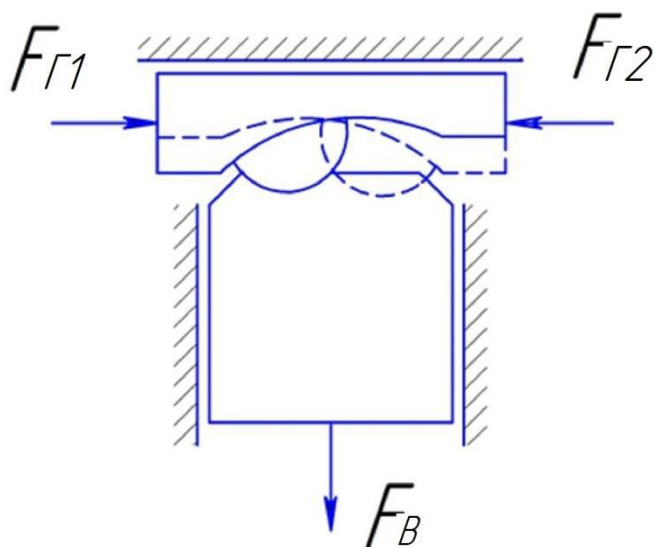


Рис. 3. Конструктивная схема

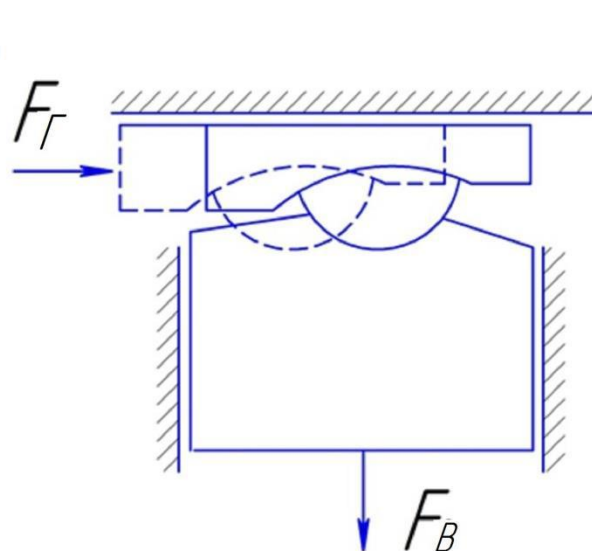


Рис. 4. Конструктивная схема

Конструктивные схемы оборудования, представленные на рис. 5, 6 отличаются тем, что обеспечивают удлиненный или укороченный ход ползуна, соответственно для разделения сортового проката с разными характеристиками ресурса пластичности, за счет изменения угла движения  $\alpha$  приводного вогнутого клина.

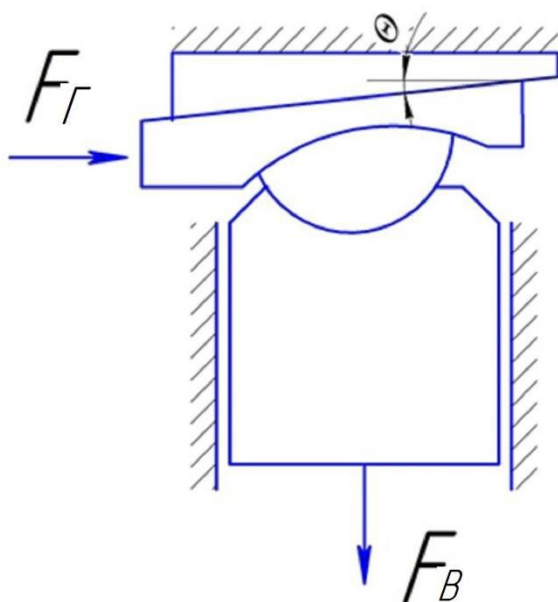


Рис. 5. Конструктивная схема

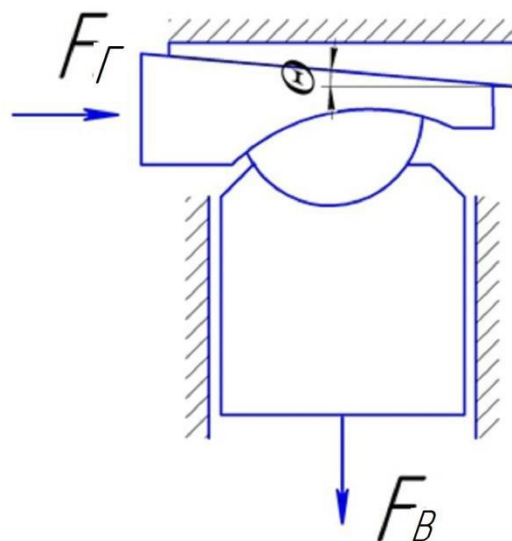


Рис. 6. Конструктивная схема

Конструктивная схема на рис. 7 обеспечивает повышение производительности разделения за счет одновременной отрезки сразу двух заготовок.

Особенностью приведенных схем конструкций машин с клиношарнирным механизмом является то, что в качестве приводной силы  $F_{Г}$  может использоваться не только сила от гидравлического, пневматического цилиндров, но и от кривошипно-шатунного, винтового, коленно-рычажного механизмов, линейного электродвигателя и т.п.

Анализ перспективных конструкций клиношарнирных механизмов показал, что их кинематические и энергосиловые параметры в значительной степени зависят от угла  $\theta$  наклона направления перемещения клина к горизонтали [13]. Если принять, что коэффициенты трения в шарнирах, направляющих ползуна и клина равны между собой, а также, что

весом и силами инерции звеньев можно пренебречь, то зависимость между горизонтальной силой на клине  $F_{\Gamma}$  и силой на ползуне  $F_B$  примет вид:

$$F_B = F_{\Gamma} \frac{\cos(\alpha - \theta + \rho + \psi)}{\cos\theta \sin(\alpha + \rho + \psi)}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол, определяющий положение клина и ползуна;

$\theta$  – угол между направлением перемещения клина и горизонталью;

$\rho = \arctg f$  – угол трения в направляющих ползуна и клина;

$\psi = \arctg(f(R+r)/R)$  – суммарный угол трения в цилиндрических поверхностях клина и шарнира;

$f$  – коэффициент трения в кинематических парах;

$R$  – радиус цилиндрической поверхности клин-шарнир;

$r$  – радиус цилиндрической поверхности шарнир-ползун.

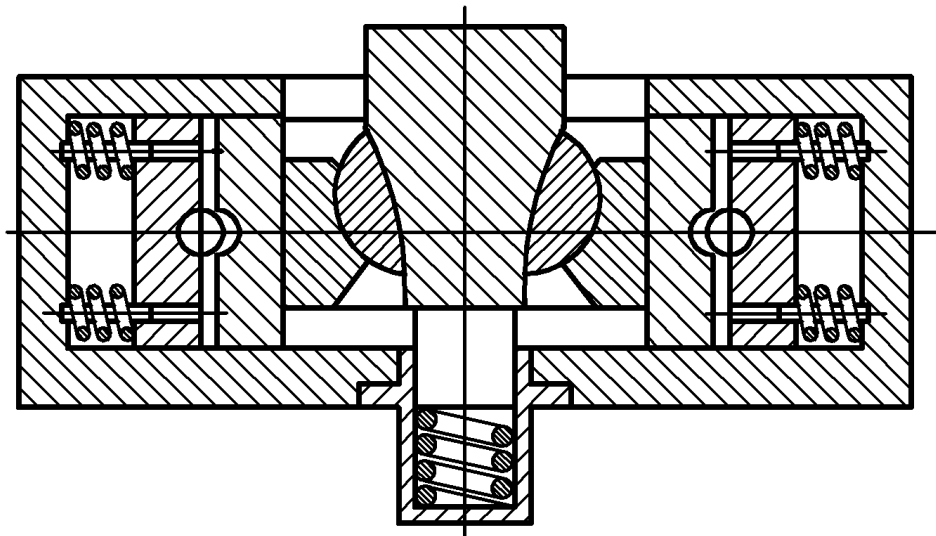


Рис. 7. Конструктивная схема

На основании приведенной зависимости построены графики изменения силы на ползуне, отнесенной к силе на клине, в функции перемещения ползуна  $h_B$  (рис. 8).

Для связи угла  $\alpha$  с ходом ползуна  $h_B$  использовалось выражение:

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{h_B}{R} \cdot \cos\theta\right). \quad (2)$$

Расчеты велись для клиношарнирного механизма со следующими геометрическими параметрами:  $R = 80 \text{ мм}$ ;  $r = 20 \text{ мм}$ . Коэффициент трения принят  $f = 0,1$ .

Проанализируем результаты построения графика, изображенного на рис. 8. Как видно из рисунка, соотношение сил существенно зависит от угла  $\theta$  при одинаковом  $h_B$ . Причем с удалением ползуна от крайнего нижнего положения, влияние угла  $\theta$  на соотношение сил всё более возрастает. Так, при изменении угла  $\theta$  от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ , в крайнем нижнем положении ползуна ( $h_B = 0$ ) отношение  $F_B/F_{\Gamma}$  увеличивается на 1, а при  $h_B = 6 \text{ мм}$  – на 1,21.

Кроме того, с увеличением угла  $\theta$  растет интенсивность изменения  $F_B/F_{\Gamma}$ . Так, при увеличении  $\theta$  от  $0^\circ$  до  $15^\circ$ , соотношение сил увеличивается в среднем на 0,28; от  $15^\circ$  до  $30^\circ$  – на 0,37; от  $30^\circ$  до  $45^\circ$  – на 0,47. Следовательно, изменяя в клиношарнирном механизме углы  $\alpha$  и  $\theta$ , можно добиться различного характера изменения соотношения исполнительной и приводной сил, что позволит для различных операций ОМД подобрать конструкцию и режим работы клиношарнирного механизма, наиболее соответствующие графикам технологических сил.

В связи с этим и с целью дальнейшего усовершенствования клиношарнирного механизма предложена конструкция пресса с клиношарниром, «подстраиваемым» под силу сопротивления заготовки (рис. 9). Принцип работы такого пресса следующий. С помощью гидроцилиндра 1 приводится в движение клин 2 при неподвижной направляющей 3, которая удерживается гидроцилиндром 4. Движение от клина 2 через шарнир 5 передается на ползун 6, который совершает рабочий ход, воздействуя на заготовку. В процессе движения происходит уменьшение угла  $\alpha$ , и при постоянной приводной силе на клине  $F_G$  это ведет к увеличению силы на ползуне  $F_B$ .

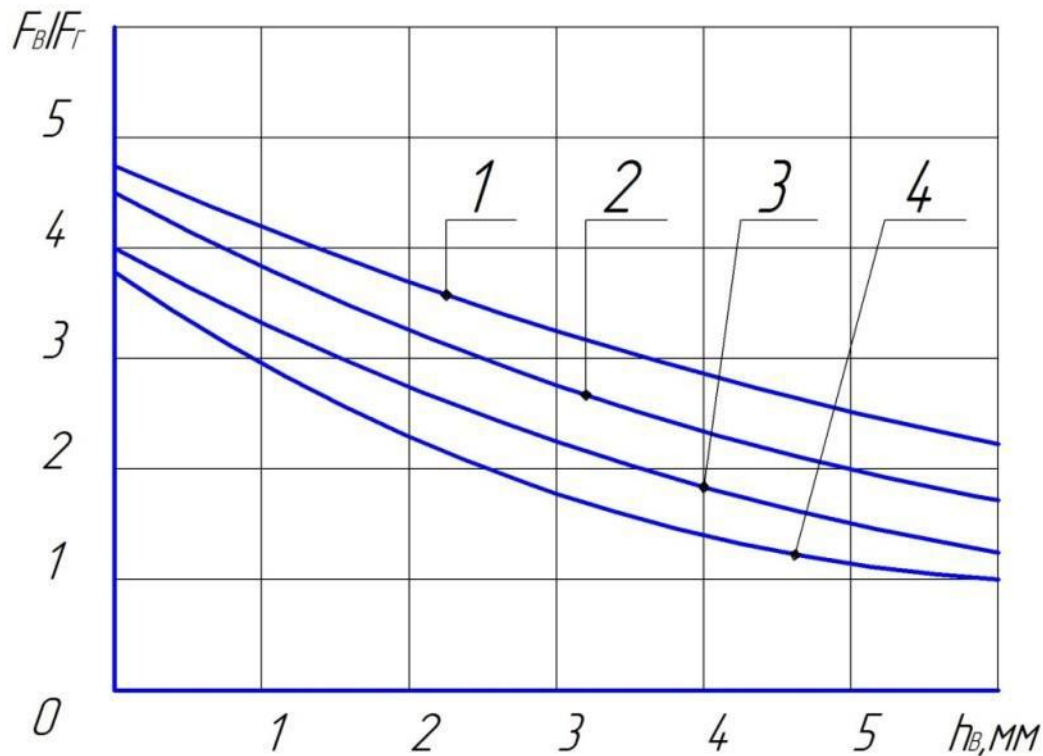


Рис. 8. График изменения отношения сил  $F_B/F_G$  в зависимости от перемещения ползуна  $h_B$  (1 –  $\theta = 45^\circ$ ; 2 –  $\theta = 30^\circ$ ; 3 –  $\theta = 15^\circ$ ; 4 –  $\theta = 0^\circ$ )

По мере возрастания сил сопротивления деформированию, увеличивается их составляющая  $F_V$ , действующая на цилиндр 4, шток которого вдвигается в цилиндр и поворачивает шарнир 3, уменьшая угол  $\theta$ , что позволит преодолеть возрастающую силу  $F_G$ , вплоть до установки  $\theta = 0^\circ$ . Сила  $F_G$  от цилиндра 1 будет изменять угол  $\alpha$ , также в пределах доводя его до 0. Эти два процесса могут происходить одновременно, но итог будет суммарным: углы  $\theta$  и  $\alpha$  становятся равными нулю при нижнем фиксированном положении ползуна 6. При этом сила  $F_B$  максимальна и ограничена углами трения в шарнирах.

Цилиндр 4 может быть выполнен как пассивным (автоматически сбрасывает жидкость на слив при превышении силы  $F_V$ ), при этом система самонастраивается на преодоление силы  $F_B$ , так и активным (своим движением изменяет угол  $\theta$  в требуемом направлении). В последнем случае можно менять силу  $F_G$  по ходу  $h_B$  ползуна, что возможно только на гидравлических прессах. Разработанные самонастраивающиеся клиновые системы в механических прессах позволяют расширить их технологические возможности за счет изменения углов клиньев по ходу ползуна в зависимости от преодолеваемой силы деформирования. Значительную роль приобретают силы трения в клиновых шарнирах, которые нужно снизить до минимума, например, подачей в зону трения масла под давлением большим, чем давление между трущимися парами.

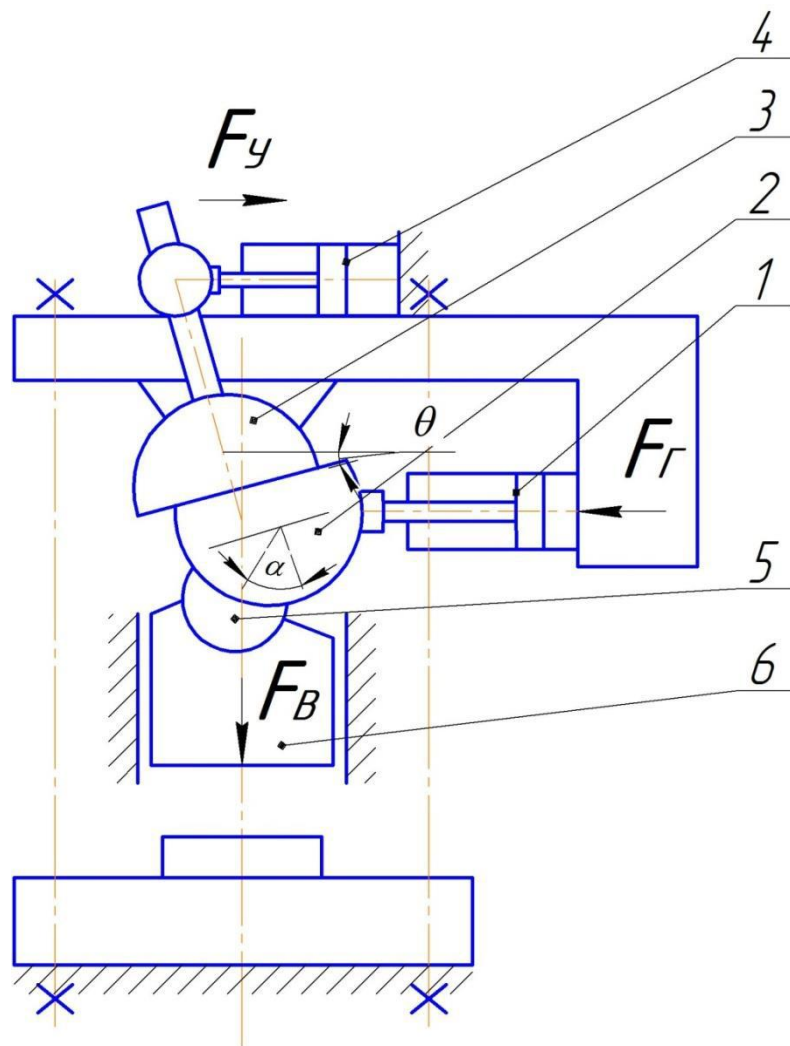


Рис. 9. Принципиальная схема прессы с самоустанавливающимся клиношарнирным механизмом [13]

### ВЫВОДЫ

1. Разработаны перспективные схемы реализации оборудования и оснастки с клиношарнирным механизмом.
2. Разработана математическая модель клиношарнирного механизма с переменным углом наклона клина к горизонту. Анализ расчетов показал, что кинематические и энергосиловые параметры клиношарнирного механизма в значительной степени зависят от величины угла, определяющего положение клина и ползуна, а также угла наклона клина к горизонту. Изменяя величины этих углов, можно добиться различного характера изменения соотношения исполнительской и приводной сил, что позволит для различных операций ОМД подобрать конструкцию и режим работы клиношарнирного механизма, наиболее соответствующие графикам технологических сил.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловцов С. С. *Безотходная разрезка сортового проката в штампах* / С. С. Соловцов. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
2. Живов Л. И. *Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов* / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков; под ред. Л. И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 560 с.
3. Охрименко Я. М. *Технология кузнечно-штамповочного производства* / Я. М. Охрименко. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
4. *Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов* / А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский и др.; под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.

5. Кривошипные кузнечно-прессовые машины / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, И. К. Букин-Батырев [и др.] ; под ред. В. И. Власова. – М. : Машиностроение, 1982. – 424 с.
6. Роганов Л. Л. Теоретические основы разработки и внедрения эффективных кузнечно-прессовых машин на базе гидроупругого привода : дис. ... доктора техн. наук : 05.03.05 / Роганов Л. Л. – Краматорск, 1988. – 506 с.
7. Харлашкин В. В. Разработка и внедрение механических прессов с клиношарнирным приводом ползуна для точной штамповки : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Харлашкин В. В. – Краматорск, 1986. – 188 с.
8. Трофимов В. И. Разработка винтоклинового пресса на основе клиношарнирного механизма для точной штамповки низких заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Трофимов В. И. – Краматорск, 1990. – 231 с.
9. А. с. 816780 СССР, МКИ В 30 В 1/40. Клиновой пресс / Л. Л. Роганов, В. В. Харлашкин (СССР). – № 2380053/25–27 ; заявл. 26.08.76 ; опубл. 30.03.81, Бюл. № 12.
10. А. с. 1152797 СССР, МКИ В 30 В 1/40. Клиновой пресс / Л. Л. Роганов, В. В. Харлашкин, В. С. Новиков, В. П. Босов, С. С. Калинин (СССР). – № 3653653/25–27 ; заявл. 21.10.83 ; опубл. 30.04.85, Бюл. № 16.
11. А. с. 1214477 СССР, МКИ В 30 В 1/40. Клиновой пресс / Л. Л. Роганов, В. В. Харлашкин, В. И. Трофимов (СССР). – № 3807038/25–27 ; заявл. 31.10.84 ; опубл. 28.02.86, Бюл. № 8.
12. Чоста Н. В. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Чоста Н. В. – Краматорск, 2009. – 186 с.
13. Роганов Л. Л. Самонастраивающиеся клиновые системы в механических прессах / Л. Л. Роганов, Н. В. Чоста // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2001. – С. 23–25.

## REFERENCES

1. Colovcov S. S. Bezothodnaja razrezka sortovogo prokata v shtampah / S. S. Solovcov . – М.: Mashinostroenie, 1985. – 176 s.
2. Zhivov L. I. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie : uchebnik dlja vuzov / L. I. Zhivov, A. G. Ovchinnikov, E. N. Skladchikov ; pod red. L. I. Zhivova. – М. : Izd-vo MGTU im. N.Je.Baumana, 2006. – 560 s.
3. Ohrimenko Ja. M. Tehnologija kuznechno-shtampovochnogo proizvodstva / Ja. M. Ohrimenko. – М. : Mashinostroenie, 1976. – 560 s.
4. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie : uchebnik dlja mashinostroitel'nyh vuzov / A. N. Banketov, Ju. A. Bocharov, N. S. Dobrinskij i dr. ; pod red. A. N. Banketova, E. N. Lanskogo. – 2-e izd., pererab. i dop. – М. : Mashinostroenie, 1982. – 576 s.
5. Krivoshipnye kuznechno-pressovye mashiny / V. I. Vlasov, A. Ja. Borzykin, I. K. Bukin-Batyrev [i dr.] ; pod red. V. I. Vlasova. – М. : Mashinostroenie, 1982. – 424 s.
6. Roganov L. L. Teoreticheskie osnovy razrabotki i vnedrenija jeffektivnyh kuznechno-pressovyh ma-shin na baze gidrouprugogo privoda : dis. ... doktora tehn. nauk : 05.03.05 / Roganov L. L. – Kramatorsk, 1988. – 506 s.
7. Harlashkin V. V. Razrabotka i vnedrenie mehanicheskikh pressov s klinosharnirnym privodom polzuna dlja tochnoj shtampovki : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Harlashkin V. V. – Kramatorsk, 1986. – 188 s.
8. Trofimov V. I. Razrabotka vintoklinovogo pressa na osnove klinosharnirnogo mehanizma dlja tochnoj shtampovki nizkih zagotovok : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Trofimov V. I. – Kramatorsk, 1990. – 231 s.
9. А. с. 816780 SSSR, МКИ V 30 V 1/40. Klinovoj press / L. L. Roganov, V. V. Harlashkin (SSSR). – № 2380053/25–27 ; zajavl. 26.08.76 ; opubl. 30.03.81, Bjul. № 12.
10. А. с. 1152797 SSSR, МКИ V 30 V 1/40. Klinovoj press / L. L. Roganov, V. V. Harlashkin, V. S. Novikov, V. P. Bosov, S. S. Kalinin (SSSR). – № 3653653/25–27 ; zajavl. 21.10.83 ; opubl. 30.04.85, Bjul. № 16.
11. А. с. 1214477 SSSR, МКИ V 30 V 1/40. Klinovoj press / L. L. Roganov, V. V. Harlashkin, V. I. Trofimov (SSSR). – № 3807038/25–27 ; zajavl. 31.10.84 ; opubl. 28.02.86, Bjul. № 8.
12. Chosta N. V. Sovershenstvovanie klinosharnirnyh mehanizmov pressov dlja razdelitel'nyh processov obrabotki davleniem : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Chosta N. V. – Kramatorsk, 2009. – 186 s.
13. Roganov L. L. Samonastraivajushhiesja klinovye sistemy v mehanicheskikh pressah / L. L. Roganov, N. V. Chosta // Udoskonalennja procesiv ta obladnannja obrobki tiskom u mashinobuduванні ta metalurgії : zб. nauk. pr. – Kramators'k : DDMA, 2001. – S. 23–25.

Чоста Н. В.

– канд. техн. наук, доц. каф. ОПМ ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г.Краматорск.

E-mail: sergey.karnauh@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.03.2017 г.