

621.97-231.32:621.96

Чоста Н. В.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С КЛИНОШАРНИРНЫМ МЕХАНИЗМОМ С ВОГНУТЫМ КЛИНОМ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

В заготовительном производстве Украины выявилась явная диспропорция между развитием технологий и уровнем существующего оборудования для их реализации. Решение этого вопроса особенно актуально в условиях уменьшения объемов промышленного производства, стагнации экономики. Так, малым предприятиям, в условиях отсутствия оборотных средств, тяжело модернизировать существующее дорогостоящее оборудование кузнечно-прессовых производств. Поэтому такие предприятия ориентируются, в основном, на недорогое, оригинальное оборудование, которое, тем не менее, обеспечивает решение поставленных задач по повышению качества продукции и производительности труда [1, 2].

Таким оборудованием могут быть машины с клиношарнирным механизмом, которые на протяжении многих лет разрабатывались под руководством д-ра техн. наук, профессора Роганова Л. Л. [3–8]. Клиношарнирные механизмы имеют большие опорные поверхности, небольшую высоту звеньев по направлению действия рабочей силы, обеспечивают переменность соотношения между приводной и рабочей силами.

Такое оборудование может быть создано также и в результате модернизации имеющегося в распоряжении заказчика оборудования с требуемыми техническими характеристиками.

Целью данной статьи является разработка рекомендаций, с использованием номограмм, по определению рациональных параметров клиношарнирного механизма с вогнутым клином.

В общем случае, клиношарнирный механизм (рис. 1) состоит из клина 1, шарнира 2 и ползуна 3. Клин 1 имеет две рабочие поверхности, одна из которых выполнена плоской и опирается на упорную деталь, например, верхнюю поперечину пресса. Вторая рабочая поверхность клина выполнена по радиусу цилиндрической и сопрягается с выпуклой цилиндрической поверхностью шарнира 2. Шарнир 2 имеет вторую рабочую поверхность, которая также выполнена по радиусу и сопрягается с цилиндрической поверхностью ползуна 3 [8].

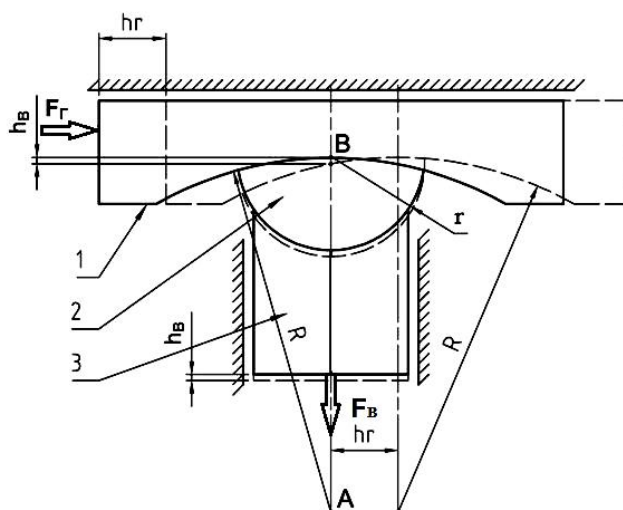


Рис. 1. Принципиальная схема клиношарнирного механизма с вогнутым клином [8]

Клиношарнирный механизм работает следующим образом. К входному звену – клину 1 прикладывается приводная (горизонтальная) сила F_T , в результате действия которой клин 1 поступательно перемещается в направляющих и своей вогнутой поверхностью радиуса R

оказывает давление на соответствующую выпуклую поверхность шарнира 2. В результате шарнир 2 совершает плоское движение, действуя своей выпуклой поверхностью радиуса r на сопрягаемую вогнутую поверхность ползуна 3. При этом, если клин 1, а, следовательно, и точка А – центр окружности радиуса R , переместятся на величину хода привода клина h_{Γ} , то точка В шарнира 2 переместится на величину $h_{\text{В}}$. Так как точка В является общим центром окружности радиуса r , по которой сопрягаются поверхности шарнира и ползуна, то величина $h_{\text{В}}$ представляет собой ход выходного звена – ползуна 3, который совершает поступательное движение вдоль направляющих.

В основу теоретических исследований клиношарнирного механизма с вогнутым клином были положены методы математического моделирования на основе положений теоретической механики, дифференциального и интегрального исчисления, аналитические и графоаналитические методы теории механизмов и машин.

В результате получены математические модели для расчетов геометрических, кинематических и силовых параметров клиношарнирного механизма с вогнутым клином.

Получено соотношение, устанавливающее связь между h_{Γ} и $h_{\text{В}}$:

$$h_{\text{В}} = R - \sqrt{R^2 - h_{\Gamma}^2} . \quad (1)$$

Зависимость между ходом клина h_{Γ} и углом поворота шарнира φ имеет вид:

$$\varphi = \arcsin \frac{h_{\Gamma}}{R} . \quad (2)$$

Кинематические параметры ползуна клиношарнирного механизма:

$$V_{\text{В}} = V_{\text{А}} \operatorname{tg} \varphi . \quad (3)$$

$$a_{\text{В}} = \frac{V_{\text{А}}^2}{R \cos \varphi} + a_{\text{А}} \operatorname{tg} \varphi + \frac{V_{\text{А}}^2}{R \cos \varphi} \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{V_{\text{А}}^2}{R \cos \varphi} (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) + a_{\text{А}} \operatorname{tg} \varphi = \frac{V_{\text{А}}^2}{R \cos^3 \varphi} + a_{\text{А}} \operatorname{tg} \varphi . \quad (4)$$

Соотношение сил между вертикальной технологической силой $F_{\text{В}}$ и горизонтальной приводной силой F_{Γ} со стороны привода:

$$F_{\text{В}} = \frac{F_{\Gamma}}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho + \psi)} = \frac{F_{\Gamma}}{\operatorname{tg}(\varphi + \operatorname{arctg} f + \arcsin(f \frac{R+r}{R}))} . \quad (5)$$

Для практического использования предложенных математических моделей клиношарнирного механизма с вогнутым клином, особенно для малых производств, результаты расчетов геометрических и силовых характеристик могут быть представлены в виде номограмм.

На рис. 2 приведена номограмма для определения рациональных параметров исследуемого механизма при $f = 0,1$.

С помощью данной номограммы можно по известным значениям рабочей силы на ползуне $F_{\text{В}}$, хода ползуна $h_{\text{В}}$ и требуемого выигрыша в силе $F_{\text{В}}/F_{\Gamma}$, определить угол поворота шарнира φ , а также параметры приводного клина: радиус R и ход h_{Γ} . Можно также решить и обратную задачу: по известным значениям геометрических параметров приводного клина R и h_{Γ} , определить угол поворота шарнира φ , рабочий ход ползуна $h_{\text{В}}$ и соотношение сил $F_{\text{В}}/F_{\Gamma}$, а затем, зная или задавая определенное значение приводной силы F_{Γ} , определить соответствующую рабочую силу на ползуне $F_{\text{В}}$.

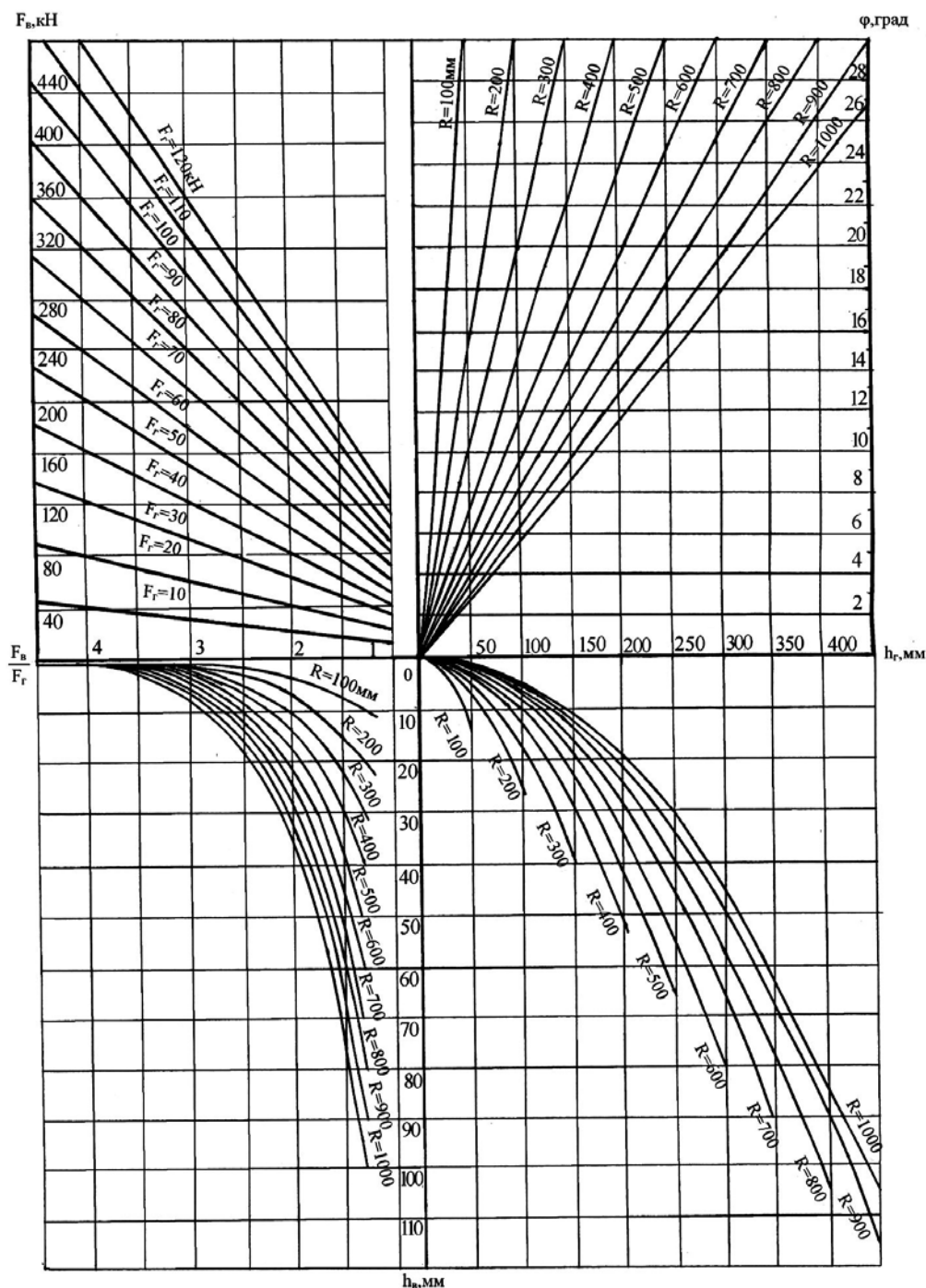


Рис. 2. Номограмма для определения рациональных параметров клиношарнирного механизма с вогнутым клином

С использованием данной номограммы разработана конструкция специализированного прессы с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином для реализации разделительных процессов усилием 200 кН (рис. 3). При силе отрезки сдвигом $F_B = 160$ кН (заготовка диаметром $d = 30$ мм из стали 45) и рекомендуемом ходе отрезки, при котором происходит отделение заготовки ($h_B = 15$ мм), желаемом соотношении $F_B/F_G = 2,5$, имеем: $F_G = 64$ кН, $R = 800$ мм, $h_G = 154$ мм, $\varphi \cong 11,1^\circ$.

Пресс состоит из: станины, выполненной в виде верхней 1, нижней 2 и боковых 3 поперечин, которые собираются с помощью колонн 4 и шпилек 5; клиношарнирного механизма с вогнутым клином, включающего в себя вогнутый клин 6 с приводом от гидроцилиндра 7, взаимодействующего с шарниром 8, который установлен с возможностью поворота и, в свою

очередь, контактирует с соответствующей поверхностью ползуна 9, на котором закреплен инструмент 12 для отрезки сортового проката 13. Пресс дополнительно оснащен клином 10 с постоянным углом клиновидности 7° с приводом от гидроцилиндра 11.

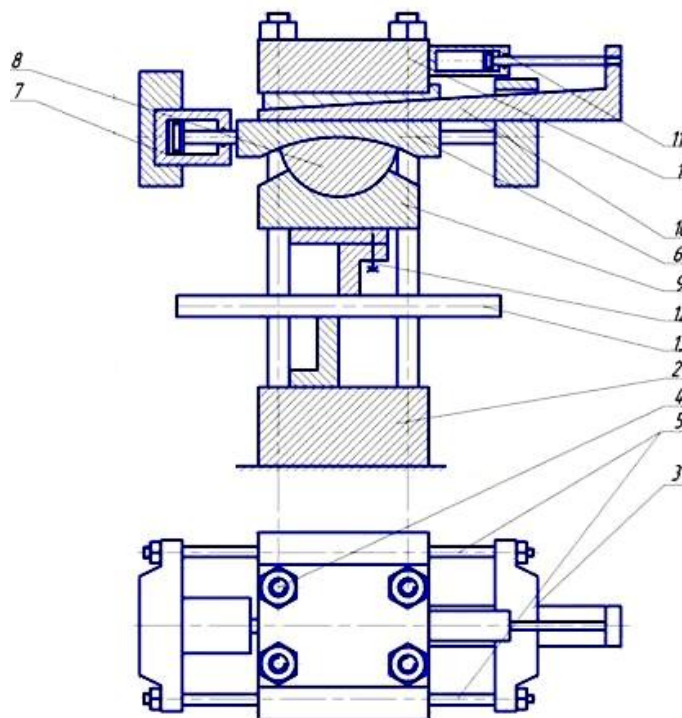


Рис. 3. Конструктивная схема прессы с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином для разделения сортового проката ($d = 30 \text{ и } \dots$) отрезкой сдвигом усилием 200 кН

Разделение сортового проката отрезкой сдвигом происходит следующим образом. Под действием силы привода от гидроцилиндра 11 клин 10 перемещается горизонтально, производя ход приближения, выборку зазоров, упругую деформацию системы "пресси-инструмент-заготовка". Далее под действием силы привода от гидроцилиндра 7 вогнутый клин 6 перемещается горизонтально, воздействуя на шарнир 8, который поворачивается относительно своей оси с $\varphi_{нач} = 0^\circ$ до $\varphi_{кон}$ и осуществляет отрезку сдвигом заготовки 13, за счет вертикального перемещения ползуна 9 с инструментом 12.

ВЫВОДЫ

Разработаны математические модели для расчетов геометрических, кинематических и силовых параметров клиношарнирного механизма с вогнутым клином. Для практического использования предложенных математических моделей, результаты расчетов геометрических и силовых характеристик представлены в виде номограмм.

С использованием номограмм разработана конструкция прессы с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином. Предлагаемый пресс с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином принципиально не имеет ограничений по диаметру разделяемых заготовок, поскольку такой механизм обеспечивает значительный выигрыш в силе и переменность соотношения между приводной и технологической силами. Кроме того, пресс имеет большую закрытую высоту штампового пространства, что позволяет расширить его технологические возможности за счет реализации более совершенных схем отрезки с использованием штамповой оснастки. В результате повышения жесткости предложенного клиношарнирного прессы с вогнутым клином в 1,2...1,3 раза, по сравнению с традиционными механическими прессами, уменьшается упругая деформация его деталей и привода при реализации разделительных процессов, а значит – повышается надежность работы оборудования. При этом повышается коэффициент использова-

ния оборудования по усилию – от 0,3...0,4 (из-за упругой мгновенной разгрузки прессы) до 0,7...0,8. Также повышается КПД нового прессы вследствие того, что примерно на 60 % уменьшается величина работы, расходуемой на разделение, а именно – величина работы упругой деформации машины. В целом снижается себестоимость нового прессы, по сравнению с традиционными механическими прессами для разделительных операций, в том числе и потому, что детали клиношарнирного механизма более технологичны в изготовлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.*
2. *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.*
3. Роганов Л. Л. *Теоретические основы разработки и внедрения эффективных кузнечно-прессовых машин на базе гидроупругого привода : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.05 / Роганов Л. Л. – Краматорск, 1988. – 506 с.*
4. 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.*
5. Трофимов В. И. *Разработка винтоклинового прессы на основе клиношарнирного механизма для точной штамповки низких заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Трофимов В. И. – Краматорск, 1990. – 231 с.*
6. Чоста Н. В. *Совершенствование оборудования с клиношарнирным приводом для разделения сортового проката на мерные заготовки / Н. В. Чоста // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2017. – № 1(44). – С. 251-257.*
7. Чоста Н. В. *Повышение технико-экономических показателей оборудования с клиношарнирным механизмом для разделительных операций / Н. В. Чоста, В. С. Зубков // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2017. – № 2(45). – С. 161-165.*
8. Чоста Н. В. *Разработка нового оборудования с клиношарнирным приводом с вогнутым клином для разделительных операций / Н. В. Чоста // Вестник Карагандинского государственного индустриального университета : сб. науч. трудов. – Караганда : КГИУ, 2018. – № 3(22). – С. 36-45.*

REFERENCES

1. Zhivov L. I. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie : uchebnik dlja vuzov / L. I. Zhivov, A. G. Ovchinnikov, E. N. Skladchikov ; pod red. L. I. Zhivova. – M. : Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2006. – 560 s.*
2. *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. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 576 s.*
3. Roganov L. L. *Teoreticheskie osnovy razrabotki i vnedrenija jeffektivnyh kuznechno-pressovyh ma-shin na baze gidrouprugogo privoda : dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.03.05 / Roganov L. L. – Kramatorsk, 1988. – 506 s.*
4. 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.*
5. Trofimov V. I. *Razrabotka vintoklinovogo pressa na osnove klinosharnirnogo mehanizma dlja toch-noj shtampovki nizkih zagotovok : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Trofimov V. I. – Kramatorsk, 1990. – 231 s.*
6. Chosta N. V. *Sovershenstvovanie oborudovanija s klinosharnirnym privodom dlja razdelenija sorto-vogo prokata na mernye zagotovki / N. V. Chosta // Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2017. – № 1(44). – S. 251 257.*
7. Chosta N. V. *Povyshenie tehniko-jekonomicheskikh pokazatelej oborudovanija s klinosharnirnym mehanizmom dlja razdelitel'nyh operacij / N. V. Chosta, V. S. Zubkov // Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2017. – № 2(45). – S. 161 165.*
8. Chosta N. V. *Razrabotka novogo oborudovanija s klinosharnirnym privodom s vognutym klinom dlja razdelitel'nyh operacij / N. V. Chosta // Vestnik Karagandinskogo gosudarstvennogo industrial'nogo uni-versiteta : sb. nauch. trudov. – Karaganda : KGIU, 2018. – № 3(22). – S. 36 45.*

Чоста Н. В. – канд. техн. наук, доц. кафедры ОПМ ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

Статья поступила в редакцию 11.03.2019 г.