

УДК 621.9

Роганов Л. Л.
Чоста Н. В.**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ БЕЗОТХОДНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СОРТОВОГО ПРОКАТА
НА МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ**

В практике машиностроительных заводов используют различные способы разделения проката как с отходом металла (резка на фрезерно-отрезных, ножовочных, ленточно-отрезных, токарно-отрезных станках, дисковыми пилами, абразивными и алмазными кругами, пилами трения, анодно-механическая, кислородная, электроискровая резка, резка с использованием лазера), так и без отхода: отрезка сдвигом на ножницах и прессах, а также холодная ломка изгибом на хладноломах. Способы разделения с отходом металла существенно проигрывают безотходным: большой расход материала (при разделении проката диаметром 100 мм, в пересчете на годовую программу среднего машиностроительного завода, в стружку уходит 600 тонн металла), инструмента, большие затраты труда и энергии.

Безотходные разделительные операции, относящиеся к процессам ОМД, отличаются тем, что для их проведения необходимо обеспечить максимальную силу разделения в начале рабочего хода. Поэтому, выбирая исполнительные механизмы кузнечно-прессового оборудования для их реализации, необходимо учитывать такой характер силовой нагрузки. Кроме того, необходимо также учитывать высокие требования к качеству поверхности разделения, максимальному снижению затрат энергии, повышению коэффициента полезного действия (КПД) механизмов, используемых для разделительных операций.

Анализ оборудования для безотходного разделения сортового проката показывает, что существующие традиционные исполнительные механизмы универсальных и специализированных кузнечно-прессовых машин не удовлетворяют в полной мере этим требованиям. Кроме того, они являются, как правило, многосвязными и имеющими невысокую жесткость, что, в сочетании с мгновенной разгрузкой пресса в момент разделения проката, приводит к ненадежной работе оборудования, разрушению элементов конструкции, станины и фундамента пресса [1].

Поэтому новый уровень развития заготовительного производства возможен при условии создания нового кузнечно-прессового оборудования с повышенными энергетическими возможностями, жесткостью и использованием нестандартных исполнительных механизмов, одними из которых являются клиношарнирные механизмы (КШМ) [2–4]. Совершенствование КШМ и создание на их основе нового типа кузнечно-прессового оборудования, предназначенного для повышения качества отрезаемых заготовок, являются задачами актуальными и имеющими важное научное и практическое значение.

Цель работы – повышение эффективности работы кузнечно-прессового оборудования для разделительных процессов на основе развития методик расчета и разработки новой конструкции исполнительного КШМ пресса.

В Донбасской государственной машиностроительной академии под руководством проф. Роганова Л. Л. проводятся работы по разработке технологии и оборудования для разделения проката (труб). В данной статье представлены перспективные разработки оборудования с КШМ применительно к безотходному разделению сортового проката на мерные заготовки.

Для привода механических прессов различного назначения разработаны разнообразные виды КШМ, позволяющие решать ряд проблем, возникающих при создании специализированных машин и механизмов, оптимизации технологических процессов ОМД [2–4].

В общем случае, основными элементами КШМ являются: клин, шарнир и ползун, 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.

Поиск нестандартного исполнительного механизма, который мог бы обеспечить силовой режим нагружения, характерный для разделительных процессов, требующих обеспечения максимальной технологической силы в начале рабочего хода, привел к разработке клиношарнирного механизма с вогнутым клином (КШМ с ВК), 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. 1) [5–12].

Анализ показал, что значительная доля хода вогнутого клина идет на выборку зазоров и создание упругой деформации в системе «машина-инструмент». Поэтому была предложена схема комбинированного КШМ с обычным клином малого угла клиновидности, который обеспечивает ход приближения, выборку зазоров и далее надрез заготовки, а затем приводится в действие механизм с вогнутым клином из положения $\varphi = 0^\circ$ [6]. Кроме этого, обычный клин может обеспечить прижим заготовки. Схема механизма приведена на рис. 2.

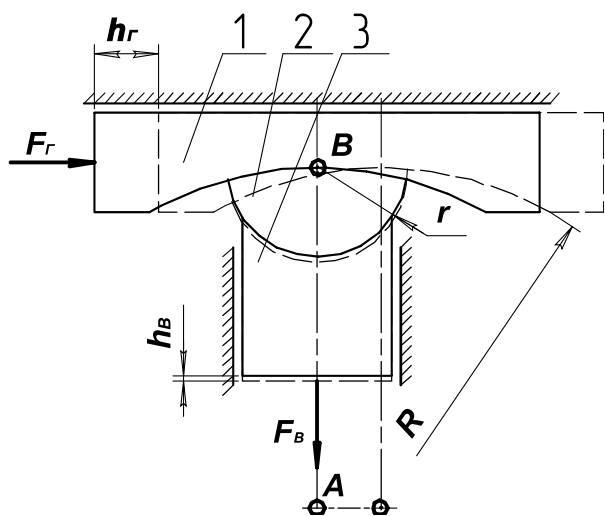


Рис. 1. Схема КШМ с ВК

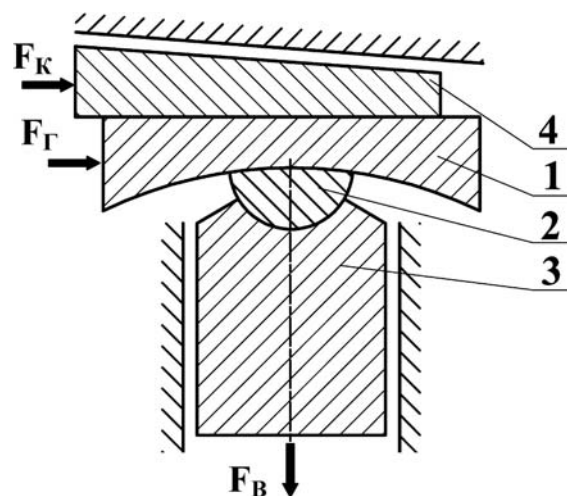


Рис. 2. Схема КШМ с ВК и дополнительным клином

Ниже рассмотрены основные конструктивные схемы оборудования и оснастки с КШМ для разделения сортового проката (труб) в рамках проводимых исследований.

На рис. 3 показаны перспективные конструктивные схемы прессов с КШМ, которые включают: силовую раму 1 со штампом 2, куда введен прокат 3, подвижный нож 4, закрепленный в ползуне 5 с шарниром 6, контактирующим с рабочим клином 7 выпуклой поверхностью (а, б, в, г) и прямолинейной поверхностью (д). Устройство снабжается вспомогательным клином 8 (а, б, в, г), привод вспомогательного и рабочего клина выполняется либо гидроцилиндрами 9 и 10, либо кривошипным механизмом (на схемах не показан). Рабочий клин 7 с прямолинейной поверхностью (д) может изменять угол клина гидроцилиндром 12 с коленно-рычажным механизмом 13 [8].

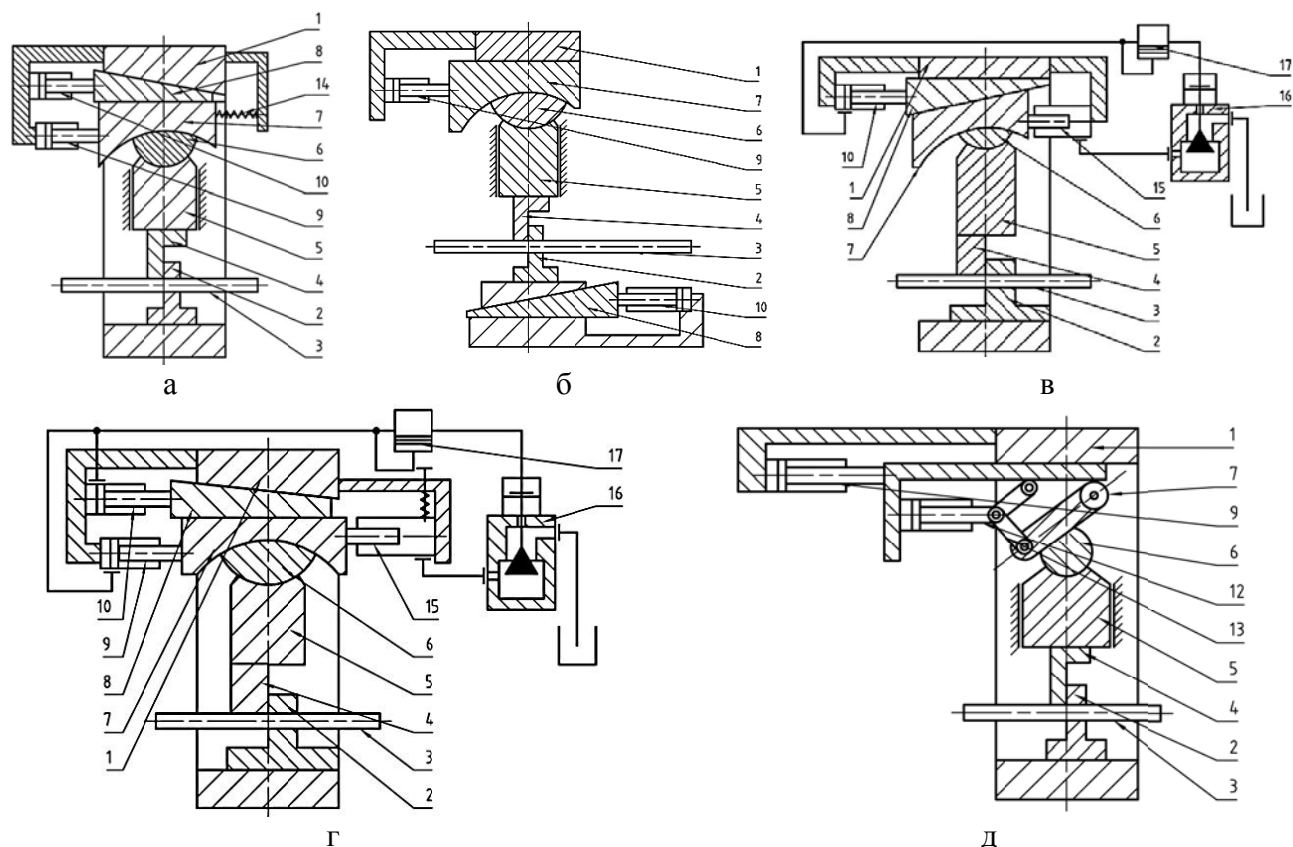


Рис. 3. Конструктивные схемы оборудования для разделения сортового проката

На некоторых схемах (см. рис. 3) показаны удерживающие упругие элементы 14 (а) и гидроцилиндры 15 (в, г), снабженные аппаратурой управления 16 и 17, которая обеспечивает торможение рабочего клина 7 при движении вспомогательного клина 8 и определенное соотношение сил. Из всех представленных конструктивных схем наиболее целесообразна схема (б), в которой гидроцилиндры неподвижны и разнесены. Отличие этой схемы от других состоит в том, что прокат на ходе приближения, выборки зазоров и упругой деформации будет двигаться вместе со штампом 2, однако величина этого хода составляет 0,06...0,13 диаметра проката, что вполне допустимо (применяется, например, подпружиненный подающий рольганг). Привод рабочего клина выполнен с помощью гидроцилиндров. Может быть применен также кривошипно-шатунный, коленно-рычажный, винтовой и др. механизмы, а также высокоскоростной гидроупругий привод, что позволит повысить скорость инструмента в процессе разделения заготовки, обеспечивая более высокое качество поверхности среза.

Эффективным для конструкции КШМ может служить замена трения скольжения трением качения. Возможны две схемы построения поверхностей качения (рис. 4) [9, 10].

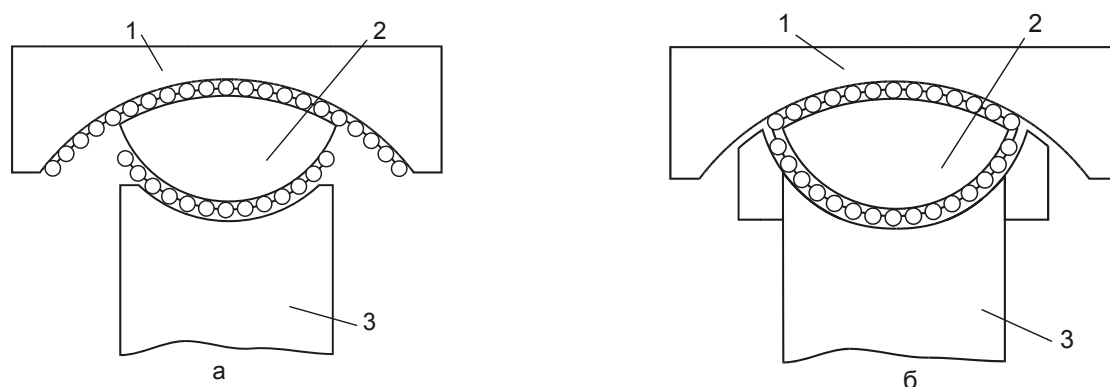


Рис. 4. Конструктивные схемы выполнения поверхностей качения КШМ с ВК

1. Длина сепаратора больше длины короткого узла и последний опирается на тела качения по всей своей длине (рис. 4, а). Достоинством такой схемы является постоянство расположения опорной поверхности более короткого узла, недостатком – трудность осуществления хорошей защиты тел качения из-за выступающей части сепаратора.

2. Для тел качения имеются каналы возврата в одной из деталей и, таким образом, тела качения перемещаются по замкнутой траектории (рис. 4, б). Длина хода узла не ограничена, но конструктивно эта схема несколько сложнее из-за наличия каналов возврата.

Для повышения качества разделяемых заготовок, целесообразно отрезку сдвигом проводить при повышенных скоростях деформирования. Предложена конструкция установки для разделения сортового проката с КШМ с ВК с гидроупругим приводом (рис. 5). Установка работает следующим образом. Шток 1 гидроупругого цилиндра 2 установки, разгоняясь под действием энергии упругой деформации жидкости, ударяет по промежуточному пуансону 3, который, в свою очередь, перемещает клин 4. А плунжер 5 гидроцилиндра 6, под действием давления жидкости перемещает вогнутый клин 7. При этом клин 4 предварительно выбирает зазоры в механической системе «вогнутый клин – шарнир – ползун – заготовка», а вогнутый клин 7, взаимодействуя с шарниром 8, перемещает отрезной нож 9, осуществляя отрезку заготовки 10. Для возврата системы в исходное положение служит буфер 11.

Предложена конструкция пресса с клиношарниром, «подстраиваемым» под силу сопротивления заготовки (рис. 6) [11].

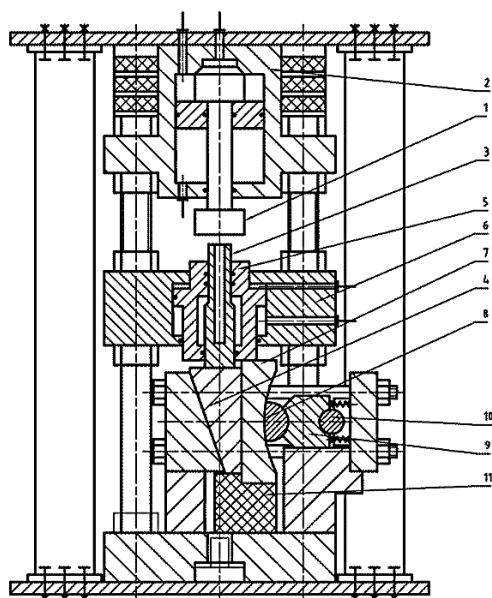


Рис. 5. Конструкция пресса с гидроупругим приводом для разделения сортового проката (труб)

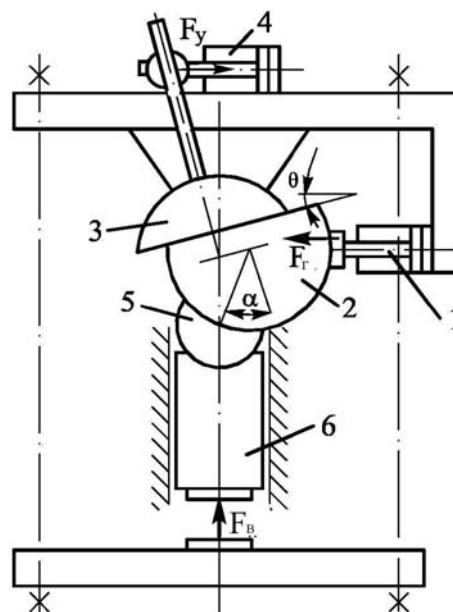


Рис. 6. Принципиальная схема пресса с самоустанавливающимся КШМ

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. В процессе движения происходит уменьшение угла α , и при постоянной приводной силе на клине F_T это ведет к увеличению силы на ползуне F_B . По мере возрастания сил сопротивления деформированию F_B , увеличивается их составляющая F_V , действующая на цилиндр 4, шток которого вдвигается в цилиндр и поворачивает шарнир 3, уменьшая угол θ , что позволит преодолеть возрастающую силу F_T , вплоть до установки $\theta = 0^\circ$. Сила F_T от цилиндра 1 будет изменять угол α . Эти два процесса могут происходить одновременно, но итог будет суммарным: углы θ и α становятся равными нулю при нижнем фиксированном положении ползуна 6. При этом сила F_B максимальна и ограничена углами трения в шарнирах.

На основании проведенного анализа разработан специализированный пресс с КШМ с ВК для реализации разделительных процессов (рис. 7). Пресс состоит из станины, выполненной в виде верхней 1, нижней 2 и боковых 3 поперечин, которые собираются с помощью колонн и шпилек 4; клиношарнирного механизма с вогнутым клином, включающего в себя клин вогнутый 5 с приводом от гидроцилиндра 6, взаимодействующего с шарниром 7, который установлен с возможностью поворота и, в свою очередь, контактирует с соответствующей поверхностью ползуна 8, на котором закреплен инструмент 11 для отрезки сортового проката 12. Пресс дополнительно оснащен клином 9 с постоянным углом клиновидности 7° с приводом от гидроцилиндра 10. Разделение сортового проката отрезкой сдвигом происходит следующим образом. Под действием силы привода от гидроцилиндра 10 клин 9 перемещается горизонтально, производя ход приближения, выборку зазоров, упругую деформацию системы «пресс-инструмент-заготовка». Далее под действием силы привода от гидроцилиндра 6 клин вогнутый 5 перемещается горизонтально, воздействуя на шарнир 7, который поворачивается относительно своей оси с $\varphi_{нач} = 0^\circ$ до $\varphi_{кон}$ и осуществляет отрезку сдвигом заготовки 12, за счет вертикального перемещения ползуна 8 с инструментом 11 [12].

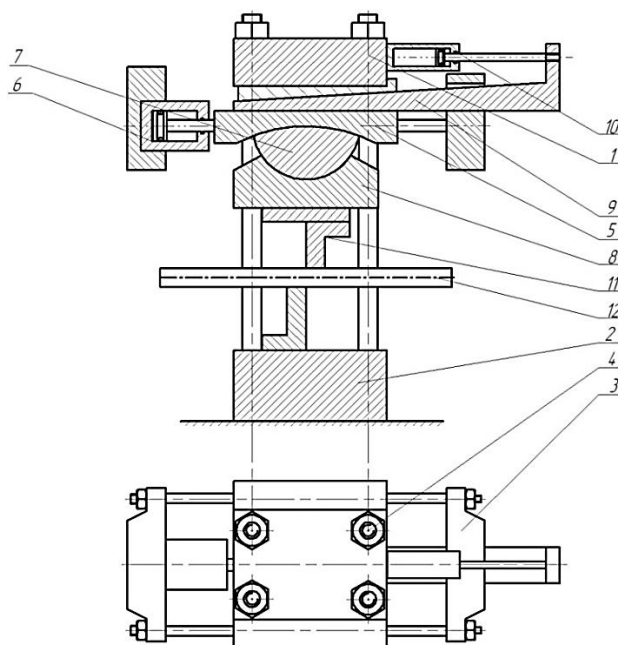


Рис. 7. Конструктивная схема пресса с КШМ с ВК для разделения сортового проката отрезкой сдвигом

Предлагаемый пресс с КШМ с ВК принципиально не имеет ограничений по диаметру разделяемых заготовок, поскольку клиношарнирный механизм обеспечивает значительный выигрыш в усилии и переменность соотношения между приводной и технологической силами. Кроме того, пресс имеет большую закрытую высоту штампового пространства для расширения его технологических возможностей – реализации более совершенных схем отрезки с использованием штамповой оснастки. В результате повышения жесткости предложенного клиношарнирного пресса с вогнутым клином в 1,2...1,3 раза уменьшается упругая деформация его деталей и привода при реализации разделительных процессов, а значит – повышается надежность работы оборудования. При этом повышается коэффициент использования оборудования по усилию от 0,3...0,4 (из-за упругой мгновенной разгрузки пресса) до 0,7...0,8. КПД нового пресса повышается вследствие того, что уменьшается величина работы, расходуемой на разделение, а именно – величина работы упругой деформации машины – примерно на 60 %. В целом, снижается себестоимость нового пресса по сравнению с традиционными прессами для разделительных операций, в том числе и потому, что детали клиношарнирного механизма более технологичны, по сравнению с кривошипно-шатунным механизмом.

ВЫВОДЫ

Обоснована целесообразность применения в прессах для реализации разделительных процессов обработки давлением клиношарнирного механизма с вогнутым клином, у которого график изменения силы нагружения наиболее приближен к технологическому типовому графику изменения силы при разделении заготовок. Обосновано использование в прессе с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином дополнительного клинового механизма для обеспечения хода приближения, что позволяет уменьшить затраты энергии на упругую деформацию и снизить динамические нагрузки за счет нулевой скорости в начале отрезки.

Разработаны перспективные схемы оборудования и оснастки для разделения сортового проката на мерные заготовки с улучшенными технико-экономическими показателями: высоким КПД, высокой приведенной жесткостью оборудования, меньшими габаритами, массой и стоимостью.

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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Чоста Н. В. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением : дис. ... кан. техн. наук : 05.03.05 / Чоста Н. В. – Краматорск, 2009. – 188 с.
6. Пат. 54739 А Украина, МКИ В 30 В 1/40. Клиновый прес / Роганов Л. Л., Чоста Н. В. – № 2002031979 ; заявл. 12.03.02 ; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3.
7. Чоста Н. В. Механические системы с переменной клиновидностью / Н. В. Чоста // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 1998. – Вып. 4. – С. 393–395.
8. Роганов Л. Л. Перспективные конструктивные схемы машин для разделения проката с клиношарнирным механизмом / Л. Л. Роганов, Н. В. Чоста // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ – Слов'янськ : ДДМА, 2000. – С. 437–439.
9. Чоста Н. В. Влияние условий трения на силовые параметры клиношарнирного механизма / Н. В. Чоста // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 1999. – С. 266–268.
10. Чоста Н. В. Повышение КПД клиношарнирных механизмов прессов / Н. В. Чоста // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2000. – С. 474–476.
11. 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.
12. Роганов Л. Л. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением / Л. Л. Роганов, С. Г. Карнаух, Н. В. Чоста // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21). – С. 333–338.

Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф. каф. МТО ДГМА;

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

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: roganov@dgma.donetsk.ua; okmm@dgma.donetsk.ua