

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ БЕЗМУФТОВОГО ПРИВОДА ШТАМПОВОЧНЫХ КРИВОШИПНЫХ МАШИН

В.С. Запорожченко, канд.техн.наук

Кировоградский государственный технический университет

В настоящее время вопросам энергосбережения и экологии уделяется особое внимание. Это связано с тем, что человек начал нарушать природный баланс путем излишней добычи полезных ископаемых и их нерационального использования, больших потерь энергии, истребления животных и растений, изменения рельефа Земли. И в последние годы этот процесс с развитием энергоемких отраслей промышленности, горнодобывающего и металлургического производства, химии, атомной энергетики только усугубляется. Сегодня Украина еще не растеряла всех своих богатств. В этой связи задачей нашей Державы, ученых, производственников, каждого соотечественника является спасение природных богатств от дальнейшего уничтожения, их экономное расходование, создание энергосберегающих и экологически чистых процессов, технологий и конструкций. Именно этим проблемам посвящена данная статья. Кривошипные штамповочные машины имеют несовершенную систему управления, основным элементом в которой является соединительная муфта, от надежности работы которой зависит работоспособность всей машины в целом. В современном оборудовании наиболее часто используются фрикционные муфты включения [1], которые удобны в эксплуатации, предохраняют машину от перегрузки, позволяют соединять и разъединять ведущие детали привода с ведомыми при любом положении ползуна. Однако фрикционные муфты включения, которые применяются в кривошипных машинах, имеют значительное число недостатков: сложность конструкции и высокую стоимость; значительное количество уплотнений, точек смазки и регулировки; большие потери энергии на трение и разгон ведомых деталей; необходимость постоянного контроля за узлом трения, нагрев фрикционных поверхностей, что ограничивает количество включений оборудования в единицу времени; увеличенный расход сжатого воздуха и шум от соударений ведущих с ведомыми дисками, а также от выхлопа сжатого воздуха в атмосферу; ухудшенная архитектура оборудования, так как узел муфты обычно значительно выступает за пределы станины; повышенный износ и частое разрушение фрикционных элементов, продукты износа которых в виде микроскопических частичек асбеста попадают в атмосферу, что вредно для здоровья штамповщиков и другого цехового персонала.

Поэтому в кузнечно-прессовом машиностроении в последние годы проводятся исследования по усовершенствованию системы управления кривошипными машинами. Перспективным представляется создание штамповочных машин, оснащенных безмуфтовой системой включения (БСВ) с силовыми механизмами включения позиционного действия [2] и с электронным управлением на бесконтактных элементах [3]. Сущность конструкции оборудования с безмуфтовым приводом состоит в том, что между приводом и главным исполнительным механизмом размещено стопорное устройство или полость, заполняемая рабочей средой, которые обеспечивают периодическое включение и выключение рабочего хода ползуна при непрерывном вращении электродвигателя, ведущей части привода и кривошипного вала [4]. Модернизация кузнечно-прессового оборудования по замене фрикционной муфты на БСВ не представляет значительной сложности, так как базовые его детали – станина, привод, ползун и главный вал – практически остаются без изменения [5].

Известные БСВ кривошипных машин по конструктивным признакам делятся на три группы (рис.1): механические, механогидравлические и гидравлические механизмы включения. Наиболее надежными являются механические БСВ [2], которые выполнены,

например, в виде кулисного или рычажного механизма включения, составного ползуна, двухзвенного ломающегося шатуна с пневмокулисным, пневмомембранным, рычажно-пневматическим или электромагнитным механизмом включения и т.п. Перечисленные системы включения не лишены недостатков и нуждаются в дальнейшем усовершенствовании конструкции.

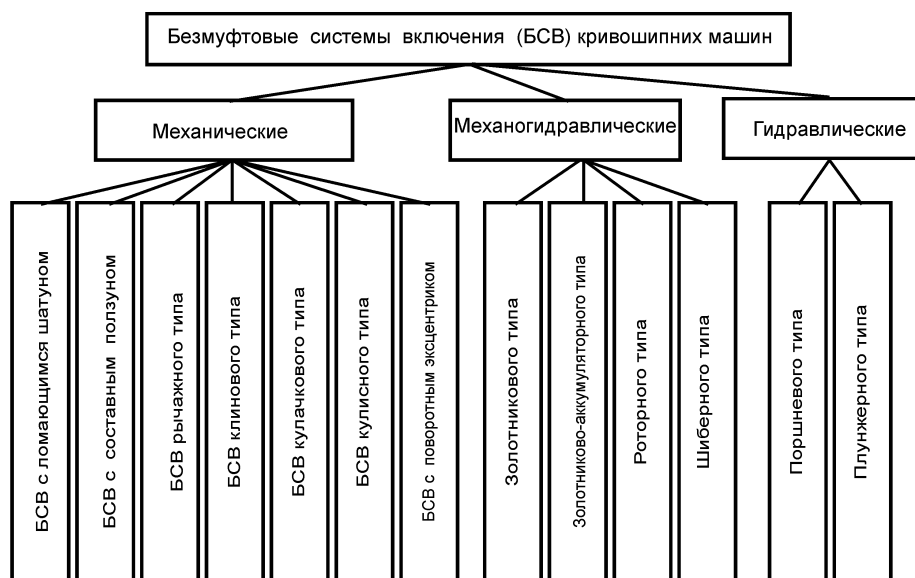


Рисунок 1 – Классификация БСВ кривошипных машин по конструктивным признакам

Механогидравлические и гидравлические системы включения [4] не получили широкого распространения из-за усложнения конструкции ползуна с внутренней полостью, быстрого выхода из строя уплотнений, наличия сложной гидроаппаратуры и уменьшения жесткости технологической машины, когда рабочее усилие штамповки передается через упругую рабочую среду (масло, эмульсию и т.п.).

Таким образом, разработка новых безмуфтовых механизмов включения, которые не имеют недостатков фрикционных муфт, и замена ими известных безмуфтовых систем включения являются актуальной задачей современного кузнечно-прессового машиностроения.

В этой связи на кафедре “Обработка металлов давлением” Кировоградского государственного технического университета (КГТУ) в последние годы проводится поисковая научно-исследовательская работа по созданию безмуфтовых систем включения кривошипных машин. Принцип действия таких усовершенствованных безмуфтовых механизмов включения состоит в размещении на шатунной шейке кривошипного вала эксцентриковой втулки, эксцентриситет E которой равняется радиусу кривошипа R . При вращении эксцентриковой втулки вместе с кривошипным валом, благодаря равенству $E = R$, ползун остаётся неподвижным и удерживается в крайнем верхнем положении пружиной или пневматическим уравновешивателем. После остановки эксцентриковой втулки с помощью специального устройства фиксации при дальнейшем вращении кривошипного вала ползун начинает двигаться вниз, выполняет технологическую операцию штамповки и поднимается вверх. Если эксцентриковую втулку освободить, она начинает вращаться вместе с валом, а ползун останавливается. Далее цикл работы повторяется.

Первой была предложена конструкция кривошипного пресса, который имеет БСВ с поворотной крышкой шатуна [6]. Пресс (рис.2) состоит из станины 1, на которой установлен электродвигатель 11, связанный клиноременной передачей 10 с маховиком 9. Последний жёстко соединён с кривошипным валом 4, на шатунной шейке которого размещена эксцентриковая втулка со скосом 5 на её внешней цилиндрической поверхности. Внутренняя поверхность крышки 8 шатуна имеет выступ с плоской поверхностью, которая сопряжена с поверхностью скоса 5. Другим концом крышка 8 шарнирно соединена осью 12 с телом шатуна 3. Сверху на шатуне 3 закреплен пневматический цилиндр 6, который шарнирно связан штоком со свободным концом поворотной крышки 8. В штоковой полости цилиндра 6 установлена пружина сжатия 7. Ползун 2 пресса размещен в вертикальных направляющих станины 1, соединен с пневматическим уравнивателем 13 и связан с телом шатуна 3 через регулировочный винт 14.

Предложенный пресс работает следующим образом. После включения электродвигателя 11 крутящий момент передается через клиноременную передачу 10 на кривошипный вал 4, который непрерывно вращается при работе двигателя. Когда ползун 2 находится в крайнем верхнем положении, подается сжатый воздух в поршневую полость цилиндра 6. Поршень цилиндра через шток поворачивает свободный конец крышки 8 вокруг оси 12 против часовой стрелки и опускает ее вниз до момента совпадения выступа на внутренней поверхности крышки со скосом 5 на внешней цилиндрической поверхности эксцентриковой втулки. При этом последняя становится неподвижной, а вращение кривошипного вала 4 преобразуется с помощью шатуна 3 и винта 14 в поступательное движение ползуна 2, который выполняет рабочий ход. После возвращения ползуна в крайнее верхнее положение сжатый воздух выпускается из поршневой полости цилиндра 6, предварительно сжатая пружина 7 перемещает поршень вверх, через шток поворачивает крышку 8 по часовой стрелке и освобождает эксцентриковую втулку. Она начинает вращаться вместе с кривошипным валом, а ползун пресса остается неподвижным и удерживается в верхнем положении с помощью уравнивателя 13.

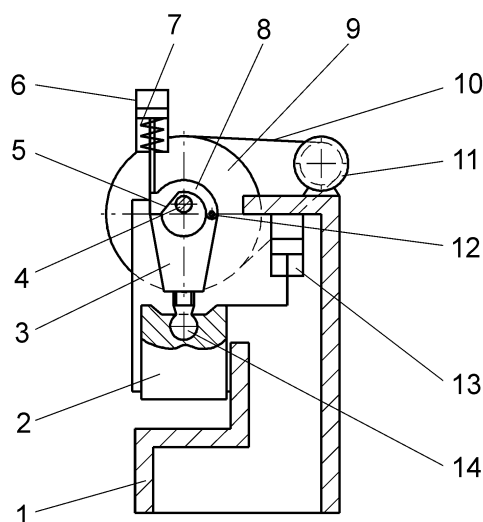


Рисунок 2 – Схема кривошипного пресса с поворотной крышкой шатуна

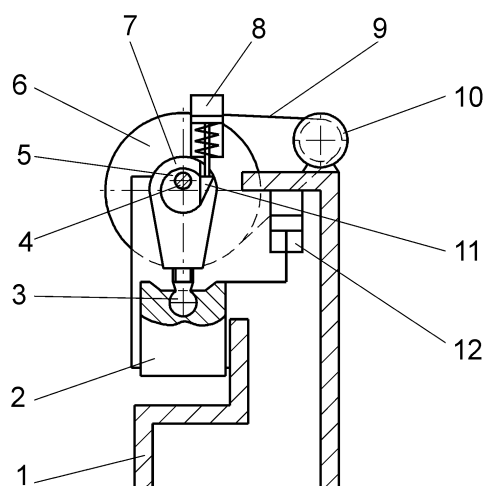


Рисунок 3 – Схема кривошипного пресса с клиновым безмуфтовым механизмом включения

Такой безмуфтовый пресс характеризуется сложной конструкцией поворотной крышки шатуна, имеет шарнирное соединение крышки с шатуном, которое быстро изнашивается при значительных усилиях штамповки, приложенных к ползуну.

С целью усовершенствования БСВ разработана конструкция клинового механизма включения пресса на рабочий ход [7], которая имеет аналогичный с предыдущим механизмом принцип действия.

Кривошипный пресс с усовершенствованной клиновой системой включения (рис.3) содержит станину 1, в подшипниковых опорах которой установлен кривошипный вал 4, а в прямых – ползун 2. На шатунной шейке вала 4 смонтирована с возможностью поворота эксцентриковая втулка 5 со скосом. Сверху на шатуне 7 закреплен пневматический цилиндр 8, в штоковой плоскости которого размещена пружина сжатия, а его поршень через шток соединен с подвижным клином 11. Последний расположен внутри клиноподобной щели, выполненной в большой головке шатуна 7, который связан с ползуном 2 через регулировочный винт 3. Отличие усовершенствованного пресса состоит в цельном выполнении крышки с телом шатуна, что повышает надёжность и долговечность конструкции. Кривошипный вал 4, жёстко соединённый с маховиком 6, постоянно вращается при включённом электродвигателе 10 через клиноременную передачу 9. При подаче сжатого воздуха в поршневую полость цилиндра 8 поршень через шток смещает подвижный клин 11 вниз и заклинивает эксцентриковую втулку 5. Ползун совершает рабочий ход и поднимается в крайнее верхнее положение. После выпуска воздуха из поршневой полости цилиндра 8 пружина сжатия в его штоковой полости смещает клин 11 вверх так, чтобы он не препятствовал провороту эксцентриковой втулки 5. Последняя начинает вращаться вместе с кривошипным валом 4, компенсируя его поворот, а ползун 2 прессы остаётся неподвижным и удерживается в верхнем положении с помощью пневматического уравновешивателя 12.

Описанная клиновая БСВ имеет простую конструкцию, низкую стоимость, высокую надёжность и предназначена для универсальных кривошипных прессов с обычным удлинённым шатуном. Однако универсальные листоштамповочные кривошипные прессы с удлинённым шатуном недостаточно устойчивы при вырубке - пробивке толстолистового материала. При таких штамповочных операциях хорошо зарекомендовали себя специализированные вырубные прессы повышенной жёсткости с круговым шатуном. Интересным представляется конструкция БСВ для данного технологического оборудования [8].

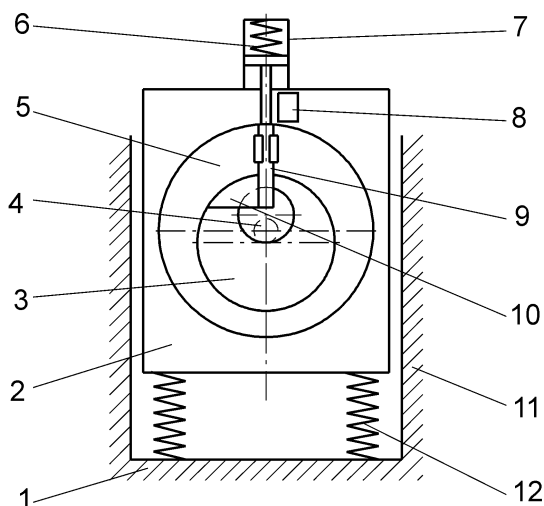
Пресс с круговым шатуном (рис. 4) состоит из станины 1, рамного ползуна 2, во внутреннем отверстии которого размещены эксцентриковая втулка 5, круговой шатун 3 и эксцентриковый вал 4, подвижно сопряжённые между собой по цилиндрическим поверхностям с возможностью поворота друг относительно друга. Система включения пресса содержит пневматический цилиндр 7, скользящую планку 9, неподвижный 8 и подвижные упоры 10. В верхней полости пневмоцилиндра 7 установлена пружина сжатия 6, которая действует через поршень и шток на скользящую планку 9. Направляющие элементы последней прикреплены к эксцентриковой втулке 5, неподвижный упор 8 – к ползуну 2, а подвижные упоры 10 – к круговому шатуну 3 и эксцентриковому валу 4. Ползун пресса размещён в направляющих элементах 11 и соединён с уравнивающим устройством, выполненным, например, в виде пружин сжатия 12.

Пресс с круговым шатуном и безмуфтовой системой включения работает таким образом. При отсутствии сжатого воздуха в пневматическом цилиндре 7 поршень со штоком под действием пружины 6 находится в нижнем положении, а скользящая планка 9 соединяет эксцентриковый вал 4, круговой шатун 3 и эксцентриковую втулку 5 между собой. После включения привода (на рис. 4 условно не изображён) перечисленные детали вращаются вместе, как единое цилиндрическое тело внутри рамного ползуна 2, который удерживается пружинами 12 в верхнем положении. Для включения ползуна на рабочий ход подаётся сжатый воздух в нижнюю штоковую полость пневмоцилиндра 7. Под действием давления воздуха поршень сжимает пружину 6 и поднимается вверх вместе со штоком и скользящей планкой 9. Последняя упирается в неподвижный упор 8, тормозит эксцентриковую втулку 5 до полной остановки, а эксцентриковый вал 4 продолжает вращаться и через круговой шатун 3 перемещает ползун 2 вниз для осуществления штамповочной операции, после чего поднимает в верхнее положение. Цикл завершается. С целью перевода пресса на холостое вращение привода выпускается сжатый воздух из нижней полости цилиндра 7. Пружина 6 опускает поршень, шток и скользящую планку 9. Планка снова соединяет вал 4, круговой шатун 3 и втулку 5, которые вместе вхолостую вращаются внутри неподвижного ползуна 2.

Другая конструкция безшатунного пресса с БСВ имеет Т-образный фиксирующий элемент [9]. Такой пресс (рис. 5) включает станину 1, в направляющих 9 которой установлен ползун 2 с внутренним отверстием, где размещены эксцентриковая втулка 5, круговой шатун 3 и эксцентриковый вал 4. В последнем выполнено сквозное осевое отверстие, в котором установлена с возможностью продольного перемещения и поворота стержневая часть Т-образного элемента. Его поперечная планка 8 помещена в пазу, выполненном на торцевой поверхности вала 4, кругового шатуна 3 и втулки 5. На внешней цилиндрической поверхности эксцентриковой втулки 5 выполнено коническое углубление, напротив которого в ползуне установлен шарик-фиксатор 7 и регулируемая пружина сжатия 6. Между ползуном и станиной размещены уравнивающие упругие элементы 10.

Рисунок 4 – Схема безшатунного пресса со скользящей планкой включения

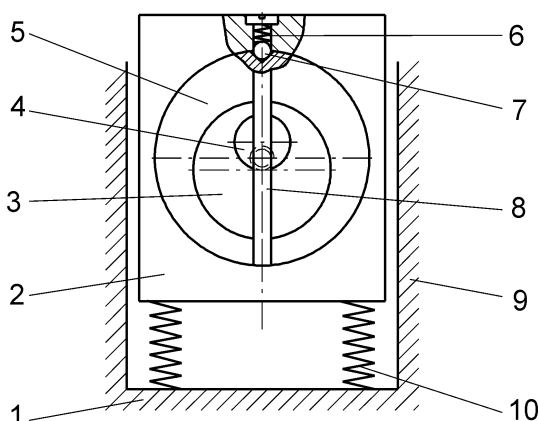
В исходном положении поперечная планка 8 находится в пазу и соединяет



эксцентриковый вал 4 с круговым шатуном 3 и эксцентриковой втулкой 5. Они вращаются вместе внутри неподвижного ползуна 2, удерживаемого упругими элементами 10 в крайнем верхнем положении. При подводе сжатого воздуха к пневматическому цилиндру, установленному с обратной стороны прессы (на рис. 5 не показан), Т-образный фиксирующий элемент выходит из паза и разъединяет вращающийся вал 4 с круговым шатуном 3 и втулкой 5. Подпружиненный шарик-фиксатор 7 попадает в коническое углубление эксцентриковой втулки 5 и останавливает ее. Эксцентриковый вал 4 продолжает вращаться, через круговой шатун 3 перемещает ползун 2 вниз для выполнения штамповки, а затем вверх. После выпуска сжатого воздуха поперечная планка 8 под действием предварительно сжатой пружины прижимается к торцевой поверхности главного исполнительного механизма и в момент совпадения пазов на валу 4, в шатуне 3 и втулке 5 вновь соединяет их вместе, а пресс переходит на холостой режим работы.

Рисунок 5 – Схема безшатунного прессы с Т-образным элементом включения

Вышеописанные усовершенствованные безмуфтовые механизмы включения



принципиально отличаются от известных БСВ. Классификация новых механических безмуфтовых механизмов включения приведена на рис. 6. Согласно приведённой схеме конструкторско-поисковую работу в этом направлении следует продолжить, например, путём создания БСВ комбинированного типа, которые объединяют преимущества уже разработанных механизмов.

Изготовленные действующие модели безмуфтовых механизмов включения показали достаточную работоспособность, простоту устройства, надёжность в эксплуатации и применяются в учебном процессе при проведении занятий по дисциплине «Кузнечно-

штамповочное оборудование». Данные БСВ могут быть рекомендованы при изготовлении новых кривошипных машин и модернизации существующих на крупных и средних промышленных заводах, малых частных предприятиях, фирмах и мастерских благодаря простой конструкции и низкой стоимости. Такое оборудование характеризуется рядом преимуществ по сравнению с используемыми в промышленности кривошипными машинами с муфтовым приводом:

- улучшение экологических условий работы в цехе, снижение шумовой нагрузки, уменьшение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонт;
- экономия энергии привода за счёт отсутствия разгона эксцентрикового вала и других ведомых частей оборудования после каждой их остановки в момент технологических пауз;
- уменьшение габаритных размеров и массы, улучшенная архитектура машины благодаря отсутствию сложного по устройству и количеству деталей узла фрикционной муфты;
- повышение точности штамповки вследствие увеличения жёсткости главного исполнительного механизма;
- уменьшение потерь на трение, так как эксцентриковый вал кривошипной машины с БСВ вращается непрерывно и возникает постоянная величина масляного зазора в его опорных подшипниках.

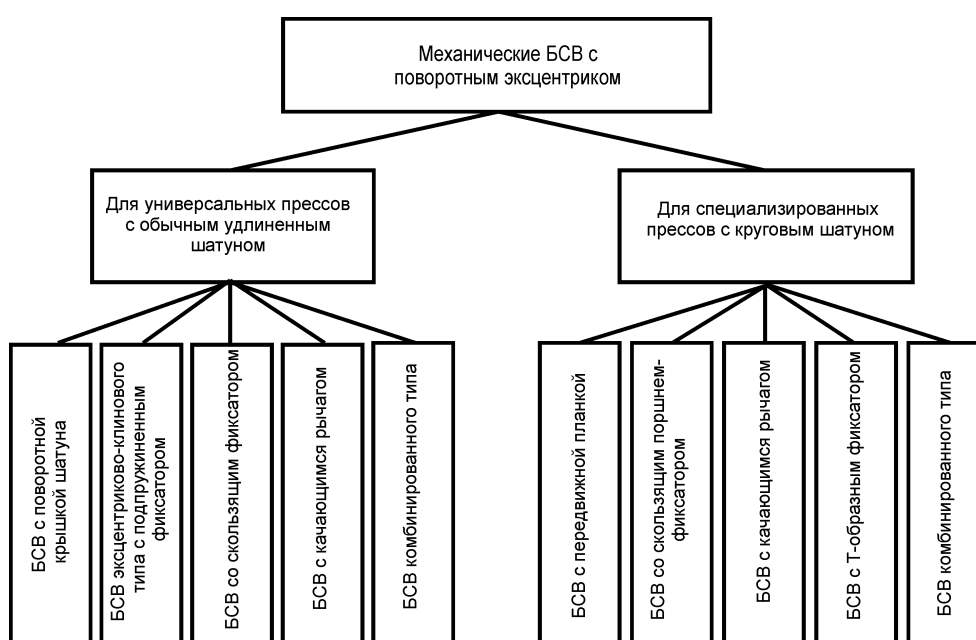


Рисунок 6 – Классификация новых механических механизмов включения кривошипных машин, разработанных в КГТУ

Вышеперечисленные преимущества позволяют экономить примерно 20-30% энергии, необходимой для работы штамповочного оборудования.

SUMMARY

There is presented the critical analysis of Basic types of clutching and non-clutching engagement systems of crank machines. There are presented the novel non-clutching eccentric-rotation engagement systems. Application of this systems enables to simplify construction of equipment, to improve reliability and safety appliances conditions, to refine ecology in the punching department.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов А.В. Системы включения кривошипных прессов: Теория и проектирование.-М.: Машиностроение, 1969.- 272 с.
2. Кожевников В.А., Чинарев В.Я. Кузнечно – прессовые машины с безмуфтовым приводом. - Воронеж: Изд-во ВГУ,1980.-136с.
3. Кожевников В.А., Чинарев В.Я., Китаев В.В. Кузнечно–прессовые машины с безмуфтовым приводом и электронным управлением:Обозр.-М.: НИИмаш, 1981. – 32 с.
4. Кожевников В.А., Чинарев В.Я. Безмуфтовые механизмы включения кузнечно-прессовых машин. –Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. – 100 с.
5. Кожевников В.А., Лазарев Р.В., Трегубов А.И. Модернизация кривошипных прессов. –Л.: Машиностроение, 1988. –176 с.
6. Патент №33694 А Україна, МКИ В30В 15/00. Механічний безмуфтовий прес.
7. Патент №34111 А Україна, МКИ В30В 15/00. Механічний безмуфтовий прес.
8. Запороженко В.С. Розробка нових безмуфтових систем вмикання кривошипних машин: Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету (КДТУ).- Кіровоград, 2001. – Вип. 8. - С. 97-102.

9. Патент №43039 А України, МКИ В30В 15/00. Механічний безштанний прес.
10. Запорожченко В.С. Удосконалення системи вмикання кривошипного обладнання // Удосконалення процесів та обладнання обробки металів тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичний збірник наукових праць. - Краматорськ, 2000. С. 459-461.

Поступила в редакцію 7 ноября 2003 г.