

УДК 621.226 : 621.6.057.2

**Попивненко Л. В.
Руденко Н. А.
Ерёмкин Е. А.
Бочанов П. А.**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КЛАПАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ПРЕССАМИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ УСИЛИЯ ИХ ПОДЪЕМА

В качестве исполнительного органа в гидравлических прессах применяют гидравлические цилиндры: плунжерного или поршневого типа. Как правило, конструкция гидравлических прессов (в частности, ковочных или штамповочных) предусматривает использование не более трех рабочих цилиндров. Однако существуют уникальные гидравлические штамповочные пресса, количество рабочих цилиндров, в которых варьируется от 5 до 12 штук (речь идет о прессах усилием 650 и 750 МН, которые выпускались на заводе НКМЗ, г. Краматорск, Украина). Выбор количества рабочих цилиндров при проектировании гидравлического пресса определяется его технологическим назначением и потребной суммарной мощностью пресса. Изготовление рабочих цилиндров с диаметрами плунжеров 1300–2000 мм и более связано со значительными технологическими и экономическими трудностями. Поэтому, с целью обеспечения требуемой мощности пресса, конструкторы принимают решение об увеличении количества рабочих цилиндров, но с диаметрами плунжеров, не превышающими 900–980 мм. Количество возвратных цилиндров (обычно 2–4 штуки) определяется суммарной массой подвижных частей пресса, которые необходимо поднять в их крайнее верхнее положение, а также массой рабочей жидкости вытесняемой в сливной бак из рабочих цилиндров и усилием сопротивления, зависящим от давления в сливном баке и трения в соответствующих узлах уплотнения силовых блоков [1–5].

Для обеспечения хода плунжеров (или поршней) силового блока пресса (вверх или вниз) в гидравлической системе устанавливают блоки (или моноблок) клапанных распределителей. Основной целью клапанов управления, являющихся исполнительным звеном клапанных распределителей, является перераспределение требуемых объемов рабочей жидкости для обеспечения хода (приближения, рабочего или возвратного) подвижной траверсы пресса с заданной скоростью. Скорость подвижной траверсы на возвратных ходах и ходах приближения является наибольшей, так как отсутствуют затраты энергии на преодоление сопротивления поковки (штамповки) деформации. На рабочих ходах скорость подвижной траверсы значительно меньше, чем на возвратных ходах и ходах приближения, и она определяется исходя из степени деформации поковки (штамповки) на конкретной технологической операции. Отметим, что практикой эксплуатации гидравлических прессов (как ковочных, так и штамповочных) установлено, что максимальное значение скорости траверсы на возвратных ходах и ходах приближения не превышает величины 300 мм/с, а на рабочих ходах – 80 мм/с. Превышение указанных величин скорости подвижной траверсы, с высокой вероятностью, приводит к такому крайне нежелательному и негативному явлению как гидравлический удар в магистралях систем наполнения или слива пресса [1–5].

Известной практикой при эксплуатации гидравлических прессов с приводом от насосно-аккумуляторной станции является использование на ходе приближения подвижной траверсы к поковке жидкости низкого давления, т. е. когда полости рабочих цилиндров соединяют через соответствующие магистрали посредством блока (или блоков) наполнительно-сливного клапана со сливным баком (давление рабочей жидкости при этом составляет 0,5–0,8 МПа). Это делается в целях экономии жидкости высокого давления, так как в противном случае её расход был бы значительным (намного больше, чем на рабочих ходах),

а полезная работа равна нулю. Недостатком такой экономии жидкости высокого давления на ходах приближения траверсы к поковке является увеличение времени цикла (под временем цикла будем понимать периодичность, с которой повторяется какой-либо процесс) [2, 4].

Для обеспечения требуемой скорости подвижной траверсы пресса необходимо в соответствующие рабочие или возвратные цилиндры подать определенный объем рабочей жидкости. Дросселирование объемов рабочей жидкости, подаваемой в рабочие и возвратные цилиндры пресса, и есть основная функция клапанов управления [2, 5].

Клапана управления рабочими и возвратными цилиндрами устанавливают либо в одном, либо в нескольких блоках. Управление, т. е. открытие-закрытие клапанов управления, осуществляют посредством коромыслового или кулачкового валов, либо посредством индивидуальных сервоприводов, устанавливаемых над или под клапанами управления [5, 6, 7]. Данная совокупность клапанов управления и система управления их открытием и закрытием называется главным клапаным распределителем пресса [1].

Клапана управления главного клапанного распределителя делят на впускные и сливные. По конструкции они идентичны, а отличие заключается в диаметре условного прохода клапанов. Диаметр условного прохода клапана – характеристика, определяющая максимальную подачу клапана рабочей жидкости к силовому органу гидравлического пресса в единицу времени. У сливных клапанов, как правило, диаметр условного прохода на 25–35 % больше, чем у наполнительных клапанов [2]. По этой причине скорость подвижной траверсы пресса на её возвратном ходе существенно больше в сравнении с рабочим ходом.

Типовая конструкция клапана управления главного клапанного распределителя представлена на рис. 1.

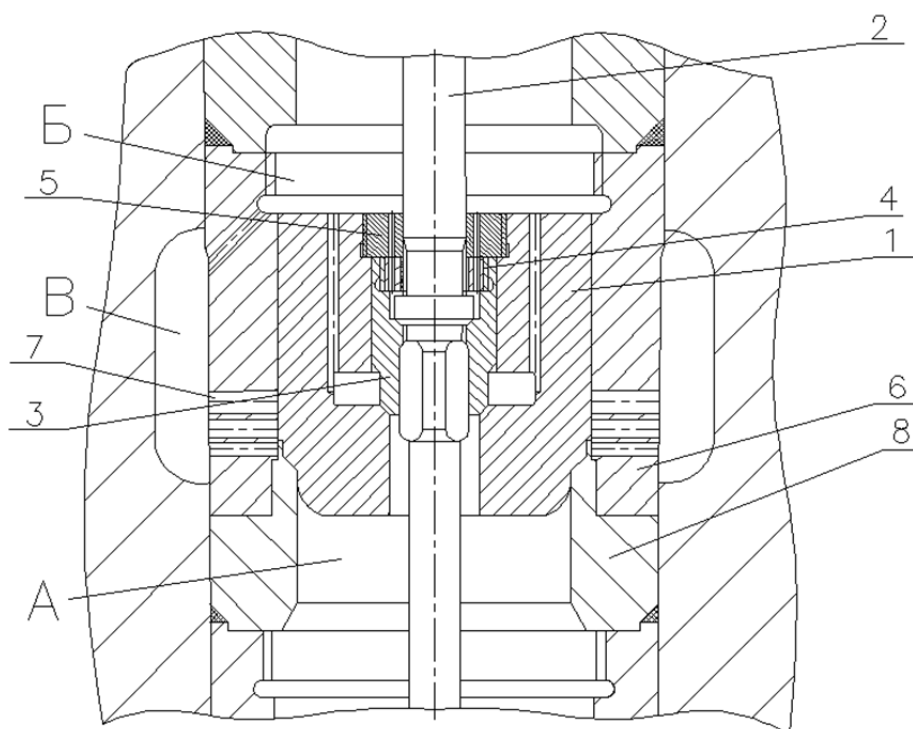


Рис. 1. Типовая конструкция клапанов управления рабочими и возвратными цилиндрами гидравлического пресса с разгрузкой:

1 – клапан основной; 2 – первый разгрузочный клапан, выполненный совместно со штоком; 3 – второй разгрузочный клапан; 4, 5 – стопорные гайки для регулировки необходимого хода разгрузочных клапанов; 6 – стакан направляющий; 7 – ряды пропускных отверстий разного диаметра для подвода основного потока рабочей жидкости высокого давления; 8 – седло основного клапана

Как видно из рис. 1, основной клапан 1 имеет внутри себя два разгрузочных клапана: первый выполнен совместно со штоком 2; второй – это клапан 3, имеющий типовую конструкцию, но с малым диаметром условного прохода в сравнении с основным клапаном 1. Основное назначение разгрузочных клапанов – существенное уменьшение усилия подъема основного клапана (примерно в 10...15 раз). Такое конструктивное решение позволяет существенно уменьшить металлоемкость системы управления подъемом-опусканием клапанов в главном клапанном распределителе.

При подъеме разгрузочных клапанов 2 и 3 (см. рис. 1) происходит постепенное повышение давления рабочей жидкости в полости А. Это осуществляется за счет перетекания рабочей жидкости высокого давления через систему отверстий, выполненных в упорных гайках 4, 5, в корпусе основного клапана 1 и в направляющем стакане 6, из полости Б. Полости Б и В взаимосвязаны посредством нескольких (2-х или 4-х) отверстий малого диаметра (обычно 3–3,5 мм), что не допускает резкого падения давления рабочей жидкости в полости В, а, следовательно, и в подводящей магистрали высокого давления.

Объем пропускаемой клапаном 1 рабочей жидкости высокого давления будет определяться степенью открытия отверстий 7, выполненных в направляющем стакане 6. Это позволяет дросселировать поток рабочей жидкости и управлять скоростью подвижной траверсы прессы. Для прекращения подачи жидкости в рабочие или возвратные цилиндры их соответствующие клапана управления закрывают, т. е. клапана управления опускаются в положение закрытия на свои запорные фаски, выполненные как на основном клапане 1, так и на седле клапана 8. Закрытие клапанов управления, т. е. их опускание на соответствующие запорные фаски, происходит за счет независимого элемента управления: пружинного буфера [1, 5].

К недостаткам конструкции клапана управления, показанного на рис. 1, следует отнести следующие:

- значительная величина усилия подъема клапана, что и вызвало необходимость применения разгрузок на основном клапане;
- усложнение конструкции и, как следствие, повышенная трудоемкость изготовления и дороговизна клапана управления;
- замедленная реакция на управляющее воздействие, которое осуществляется через шток от системы управления;
- динамические явления в клапанах разгрузки в связи с имеющимися зазорами между клапанами разгрузки и фиксирующими их гайками.

С целью устранения указанных выше недостатков в данной статье предлагается в качестве клапанов управления рабочими и возвратными цилиндрами (либо любыми другими цилиндрами силовых блоков) гидравлических прессов использовать дроссельно-регулирующие клапана управления без разгрузки, конструкция которого представлена на рис. 2. Отметим, что на данное конструктивное решение получен патент Украины [7].

Как видно из рис. 2 клапан в собранном виде расположен в расточке, выполненной в корпусе клапанной коробки, т. е. при замене клапанов старой конструкции на новую корпус клапанной коробки не нуждается в переделках. Такое конструктивное решение существенно удешевляет предлагаемую модернизацию.

Рассмотрим особенности конструкции и работы дроссельно-регулирующего клапана управления, представленного на рис. 2. Как видно, клапан устанавливается в корпусе главного клапанного распределителя 1 и состоит из плунжера 2, направляющего стакана 3, седла 4, опорного стакана 5, штока 6, гайки 7, проставки 8 и зажимной гайки 9.

Жидкость высокого давления (ЖВД) подается от насосно-аккумуляторной станции (НАС) под давлением 32 МПа с помощью магистрального трубопровода в полость А. Полость А является расточкой в корпусе 1, что обеспечивает одновременное подведение ЖВД ко всем пропускным окнам 10 направляющего стакана 3.

Шток 6 жестко соединен с плунжером 2 посредством гайки 7. В свою очередь шток 6 жестко соединен со штоком сервопривода 11 с помощью муфты, состоящей из двух разрезных втулок 12 и 13, на которые надета накидная втулка 14. Для обеспечения неподвижности накидной втулки 14 в конструкции муфты предусмотрены два болта 15.

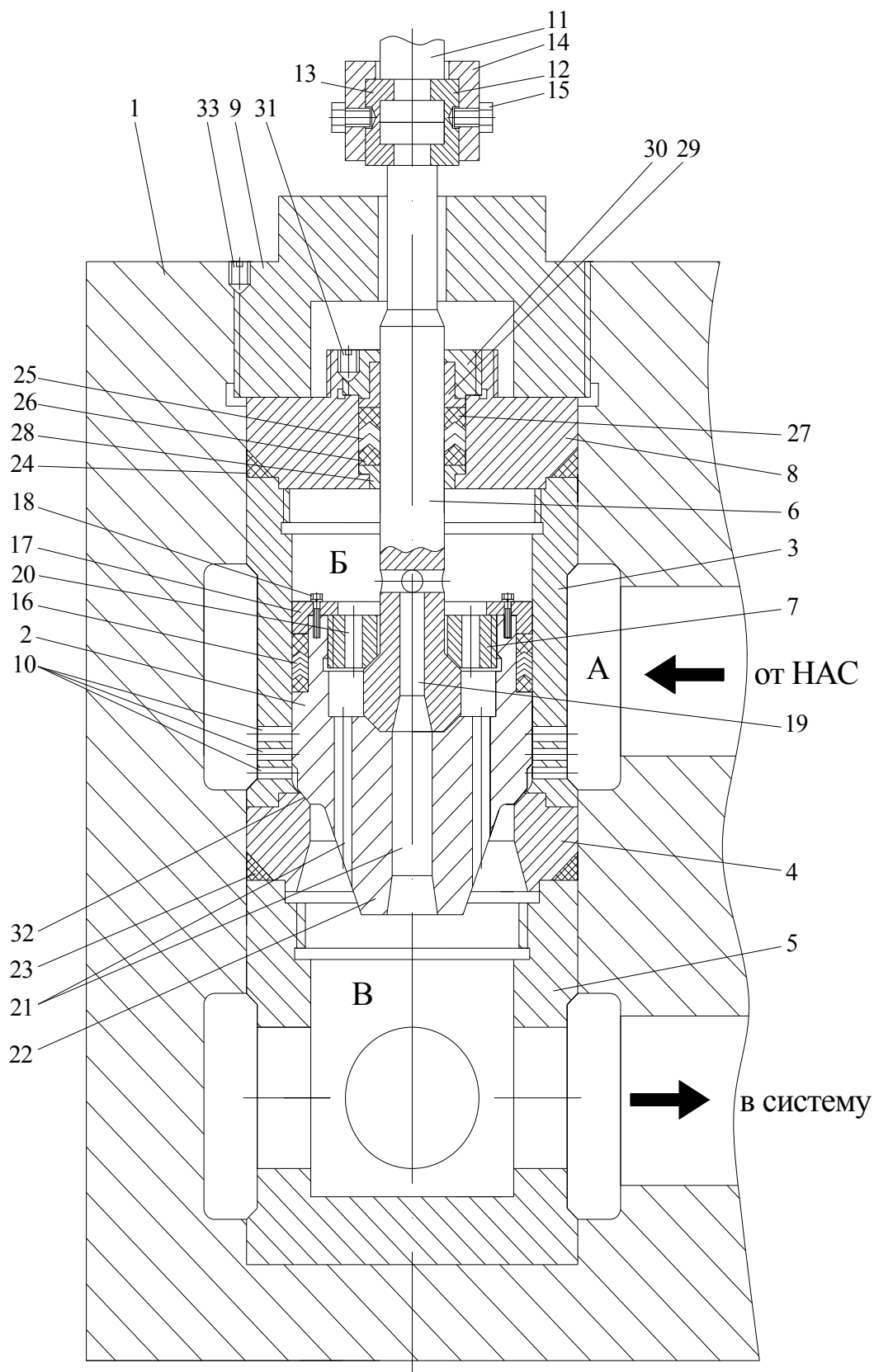


Рис. 2. Конструкция нового дроссельно-регулирующие клапана управления без разгрузки

Уплотнение плунжера 2 в направляющем стакане 3 обеспечивается узлом уплотнения 16, который содержит набор шевронных манжет, опорное и нажимное кольца. Крепления узла уплотнения 16 в плунжере 2 осуществляется крышкой 17 с помощью болтов 18. При этом крышка 17 одновременно предотвращает самоотвинчивание гайки 7.

В штоке 6, гайке 7 и плунжере 2 выполнены ряды отверстий 19, 20, 21, что обеспечивает постоянное соединение надплунжерной Б и подплунжерной В полостей. Плунжер 2 выполнен с конической юбкой 22 диффузорного типа.

Для обеспечения герметизации соответствующих зон клапана управления, в его конструкции предусмотрены уплотнительные кольца 23, 24 и два узла шевронных манжет 25 с опорным 26 и нажимным 27 кольцами, расположенных между направляющими втулками 28 и 29. Для предотвращения выпадения узла уплотнения подвижного соединения под действием давления рабочей жидкости в конструкции клапана предусмотрено гайку 30 со стопорным винтом 31.

Отметим, что при закрытом положении плунжера 2 ЖВД не имеет возможности поступать из полости А в полости Б и В. Это достигается с помощью уплотнительного узла 16 и сопряжением плунжера 2 с седлом 4 по запорным фаскам 32. Высокая точность сопряжения плунжера 2 и седла 4 обеспечивается их совместной притиркой.

Для предотвращения самоотвинчивания зажимной гайки 9, что возможно в результате действия динамических нагрузок во время работы дроссельно-регулирующего клапана, в конструкции предусмотрен стопорный винт 33.

Работа клапана, показанного на рис. 2, осуществляется следующим образом. ЖВД подводится к полости А от НАС или от насоса. В закрытом положении плунжер 2 прижат к седлу 4 по запорным фаскам 32 усилием следящего сервопривода (на рис. 1 не показан). В полостях Б и В находится жидкость низкого давления, так как они связаны через отверстия 19, 20, 21. Управляющее воздействие на плунжер 2 через шток 6 осуществляет сервопривод, который установлен сверху клапана. При этом открываются запорные фаски 32 и ЖВД из полости А попадает в полость В, а оттуда через отверстия 19, 20, 21 в полость Б, что способствует практически мгновенному выравниванию давления над и под плунжером 2. Это обеспечивает существенное уменьшение усилия подъема плунжера 2.

Жесткое соединение плунжера 2 со штоком 6 и штока 6 со штоком сервопривода 11 обеспечивает достижение любого закона открытия и закрытия клапана и делает его легко управляемым и динамически устойчивым на протяжении всей работы. Закрытие запорных фасок 32 осуществляется усилием следящего сервопривода.

ВЫВОДЫ

Применение нового дроссельно-регулирующего клапана управления обеспечит отказ от схем разгрузки клапана с целью уменьшения усилия его подъема, а также упрощение конструкции, уменьшение металлоемкости, повышение технологичности изготовления и надежности работы, улучшение условий ремонта и монтажа, улучшение динамической устойчивости и управляемости клапана при его работе. Фактически, рассмотренная в статье конструкция клапана управления обеспечивает уменьшение усилия подъема клапана в зависимости от диаметра его условного прохода в 10–18 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банкетов А. Н. *Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов* / А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Е. Н. Ланской. – М. : Машиностроение, 1982. – 549 с.
2. Белов А. Ф. *Объемная штамповка на гидравлических прессах* / А. Ф. Белов, Б. В. Розанов, В. П. Линц. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 238 с.
3. Петров Н. В. *Кузнечно-штамповочное оборудование. Гидропрессы: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» направления подготовки дипломированных специалистов «Машиностроительные технологии и оборудование»]* / Н. В. Петров. – М. ; Орел : Машиностроение -1 : ОрелГТУ, 2004. – 140 с.

4. 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.
5. Бочаров Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроительные технологии и оборудование» и специальности «Машины и технология обработки металлов давлением»] / Ю. А. Бочаров. – М. : Академия, 2008. – 479 с.
6. Пат. 59239 Україна, МПК F16K 1/00, F16K 17/36. Клапан керування робочими та зворотними циліндрами гідравлических кувальних або штампувальних пресів / Л. В. Попівненко (Україна) ; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 201012104 ; заявл. 13.10.2010 ; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9/2011. – 3 с.
7. Пат. 55662 Україна, МПК F16K 1/00, F16K 17/36. Дросельно-регулюючий клапан керування без розвантаження / Л. В. Попівненко, О. О. Кобиляцька (Україна) ; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 201005668 ; заявл. 11.05.2010 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24/2010. – 3 с.

REFERENCES

1. Banketov A. N. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie: uchebnik dlja mashinostroitel'nyh vuzov / A. N. Banketov, Ju. A. Bocharov, E. N. Lanskoj. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 549 s.
2. Belov A. F. Ob#emnaja shtampovka na gidravlicheskih pressah / A. F. Belov, B. V. Rozanov, V. P. Linc. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Mashinostroenie, 1986. – 238 s.
3. Petrov N. V. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie. Gidropressy: [uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchajushhihsja po special'nosti «Mashiny i tehnologija obrabotki metallov davleniem» napravlenija podgotovki diplomirovannyh specialistov «Mashinostroitel'nye tehnologii i oborudovanie»] / N. V. Petrov. – M. ; Orel : Mashinostroenie -1 : OrelGTU, 2004. – 140 s.
4. 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. Bauman, 2006. – 560 s.
5. Bocharov Ju. A. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie: [uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchajushhihsja po napravleniju podgotovki «Mashinostroitel'nye tehnologii i oborudovanie» i special'nosti «Mashiny i tehnologija obrabotki metallov davleniem»] / Ju. A. Bocharov. – M. : Akademija, 2008. – 479 s.
6. Pat. 59239 Україна, МПК F16K 1/00, F16K 17/36. Клапан керування робочими та зворотними циліндрами гідравлических кувальних або штампувальних пресів / Л. В. Попівненко (Україна) ; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 201012104 ; заявл. 13.10.2010 ; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9/2011. – 3 с.
7. Pat. 55662 Україна, МПК F16K 1/00, F16K 17/36. Дросельно-регулюючий клапан керування без розвантаження / Л. В. Попівненко, О. О. Кобиляцька (Україна) ; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 201005668 ; заявл. 11.05.2010 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24/2010. – 3 с.

Попівненко Л. В. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. КДиМПП ДГМА;

Руденко Н. А. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. КДиМПП ДГМА;

Ерёмкин Е. А. – канд. техн. наук, доц. каф. КДиМПП ДГМА;

Бочанов П. А. – ст. преп. каф. КДиМПП ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: mto@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 11.11.2018 г.