



РОССИЙСКАЯ КУЗНЕЧНАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА А.И.ЗИМИНА



ТЯЖПРЕССМАШ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



АССОЦИАЦИЯ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ XIV КОНГРЕСС «КУЗНЕЦ-2019»

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ
МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**



*Посвящается
80-летию со дня рождения
профессора Ю.А. Зимина*

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ
МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Сборник научных статей и докладов
XIV Международного Конгресса «Кузнец-2019»

Рязань
2019

Редакционная коллегия:

Володин А.М., Чекалов В.П., Сосенушкин Е.Н., Чмиленко В.М.

**Состояние и перспективы развития технологических процессов
обработки металлов давлением и оборудования кузнечно-прессового
машиностроения в современных условиях:**

Сборник научных статей и докладов XIV Международного Конгресса
«Кузнец-2019»

В сборнике изложены научные статьи и доклады по основным проблемам кузнечно-прессового машиностроения (КПМ), технологии и оборудованию кузнечно-штамповочного производства (КШП), новые экспериментальные методы исследования и математического моделирования прессов обработки материалов давлением (ОМД).

Важной особенностью Конгресса является курс на передачу опыта, знаний, традиций молодому поколению ученых, восстановление преемственности поколений и кадров научной школы КПМ, КШП, ОМД.

Материалы Конгресса представляют несомненный интерес для специалистов и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и промышленным внедрением прогрессивных технологий и нового кузнечно-прессового оборудования, а также будет полезен для преподавателей, аспирантов и студентов по специальности «Обработка металлов давлением».

В сборнике представлены научные статьи и доклады в авторской редакции.

Перепечатка и копирование материалов, опубликованных в сборнике, без согласия авторов запрещена.

ISBN 978-5-9901371-7-2



9 785990 137172

*Организаторами XIV Конгресса «Кузнец-2019» являются:
Рязанское ОАО «Тяжпрессмаш»
Российская Ассоциация «Станкоинструмент»
Российская Кузнечная Академия имени профессора А.И. Зимины*

СПОСОБЫ НАПОЛНЕНИЯ РАБОЧИХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ХОДА ПРИБЛИЖЕНИЯ

*Гойдо М.Е. – к.т.н., главный инженер проектов,
Бодров В.В. – к.т.н., президент холдинга, Р.М. Багаутдинов – директор
ООО «Уральский инжиниринговый центр», г. Челябинск*

Необходимая максимальная скорость холостого хода приближения подвижной траверсы гидравлического пресса, как правило, значительно больше скорости ее рабочего хода, и, соответственно, расход рабочей жидкости, которая требуется для заполнения рабочих полостей рабочих гидроцилиндров во время хода приближения, превышает расход рабочей жидкости, необходимый для осуществления рабочего хода.

В случае использования на прессе насосного гидропривода подача силовых насосов (насосов высокого давления) выбирается из условия обеспечения заданной максимальной скорости выполнения рабочего хода подвижной траверсы и при существующем в настоящее время исполнении гидросистем прессов не достаточна для осуществления хода приближения с необходимой максимальной скоростью. В случае использования насосно-аккумуляторного гидропривода экономически не целесообразно расходовать рабочую жидкость высокого давления для осуществления хода приближения траверсы, поскольку это сопряжено с большими потерями энергии жидкости (давление жидкости, необходимое для осуществления хода приближения траверсы, существенно меньше давления в гидроаккумуляторе).

На подавляющем большинстве гидравлических прессов при выполнении хода приближения траверсы рабочая жидкость поступает в рабочие полости рабочих гидроцилиндров через так называемые клапаны наполнения из бака наполнения, в котором жидкость находится под небольшим манометрическим давлением (обычно от 0,5 до 1,0 МПа) или под атмосферным давлением (в этом случае бак наполнения располагается выше рабочих гидроцилиндров). Однако, бак наполнения, находящийся под манометрическим давлением, относится к сосудам высокого давления и, как устройство, представляющее повышенную опасность для обслуживающего персонала и окружающих, подлежит регистрации и периодическому освидетельствованию органами Ростехнадзора. Применение же бака наполнения, работающего под атмосферным давлением и находящегося выше рабочих гидроцилиндров гидропривода подвижной траверсы пресса, не всегда возможно из-за низкого расположения подкрановых путей в цехе, где эксплуатирует-

ся пресс. Кроме того, при использовании такого бака при прочих равных условиях требуются клапаны наполнения с повышенным диаметром условного прохода, которые размещаются выше рабочих гидроцилиндров, что затрудняет техническое обслуживание указанных клапанов.

Отказаться от применения в гидросистеме пресса бака наполнения можно, если в период осуществления хода приближения подвижной траверсы для заполнения полостей рабочих гидроцилиндров использовать со-

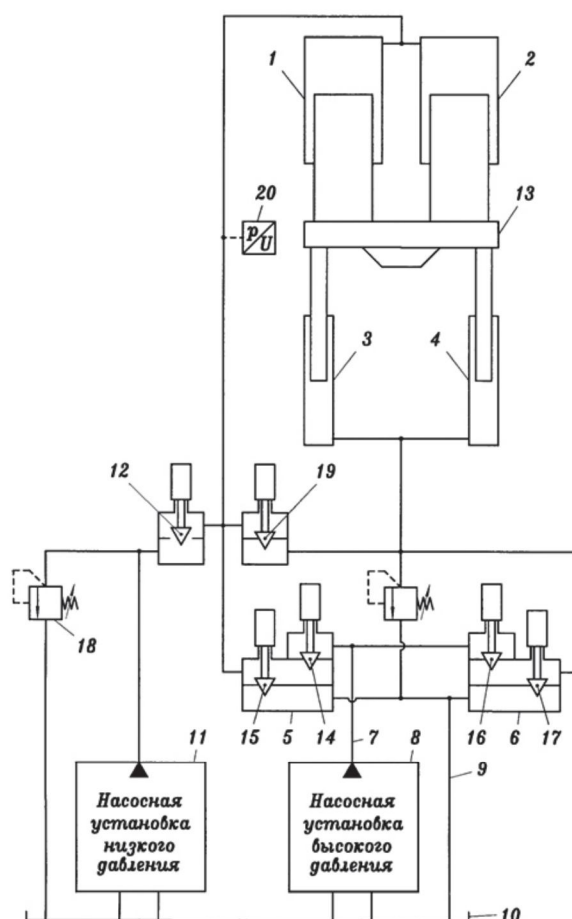
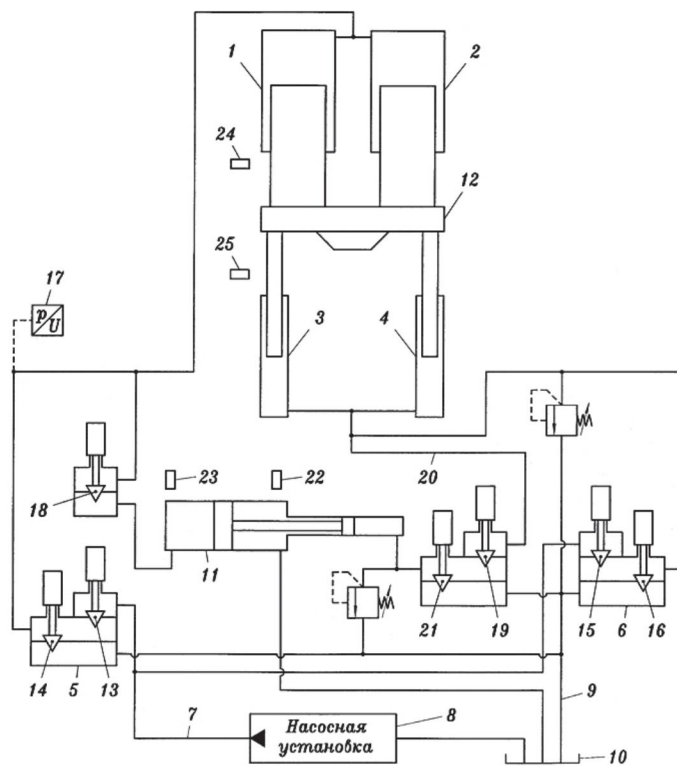


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема гидропривода подвижной траверсы вертикального пресса с использованием насосов низкого давления для наполнения рабочих гидроцилиндров (патент на изобретение RU № 2602934): 1, 2 – рабочие гидроцилиндры; 3, 4 – возвратные гидроцилиндры; 5 – гидрораспределитель рабочих гидроцилиндров; 6 – гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров; 7 – напорная гидролиния; 8 – насосная установка высокого давления; 9 – сливная гидролиния; 10 – гидробак; 11 – насосная установка низкого давления; 12, 14, 15, 16, 17, 19 – управляемые клапаны; 13 – подвижная траверса; 18 – предохранительный клапан; 20 – датчик давления



б)

Рис. 2. Упрощенные принципиальные схемы гидропривода подвижной траверсы прессов с гидропреобразователем вращательного (а) и поступательного (б) движения (патент на изобретение RU № 2598410): 1, 2 – рабочие гидроцилиндры; 3, 4 – возвратные гидроцилиндры; 5 – гидрораспределитель рабочих гидроцилиндров; 6 – гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров; 7 – напорная гидролиния; 8 – насосная установка; 9 – сливная гидролиния; 10 – гидробак; 11 – гидропреобразователь; 12 – подвижная траверса; 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21 – управляемые клапаны; 17 – датчик давления; 20 – напорная гидролиния для клапана 19; 22, ..., 25 – концевые выключатели

меньшим характерным геометрическим размером) при меньшем расходе. Такой гидропреобразователь может быть выполнен как поступательного, так и вращательного движения.

В общем случае (как для горизонтальных, так и для вертикальных прессов) рабочая жидкость на вход гидропреобразователя может подаваться от силовых насосов гидропривода пресса (рис. 2а).

На вертикальных гидравлических прессах ход приближения подвижной траверсы представляет собой ее холостой ход вниз («свободное опускание» траверсы) и осуществляется преимущественно под действием силы тяжести самой траверсы и движущихся вместе с ней частей пресса

(например, плунжеров рабочих гидроцилиндров и закрепленной на траверсе штамповой оснастки). В связи с этим при холостом ходе траверсы вниз не целесообразно создавать в рабочих полостях рабочих гидроцилиндров сколь-нибудь существенное манометрическое давление. Достаточно лишь обеспечить в рассматриваемом случае качественное (без нарушения сплошности) заполнение указанных полостей рабочей жидкостью.

При отсутствии в составе гидропривода пресса уравнивающих гидроцилиндров вся потенциальная энергия подвижной траверсы вертикального пресса при ее холостом ходе вниз теряется, поскольку частично расходуется на совершение работы против сил трения в подвижных парах направляющих траверсы и ее гидроцилиндров привода, а в основном преобразуется в тепловую энергию жидкости, вытесняемой из возвратных гидроцилиндров в гидробак гидросистемы через сливной клапан возвратных гидроцилиндров (или другой дросселирующий гидроаппарат, установленный в гидролинии, соединяющей возвратные гидроцилиндры с гидробаком, и используемый для регулирования скорости движения подвижной траверсы при ее холостом ходе вниз).

Часть потенциальной энергии поднятой подвижной траверсы пресса при ее холостом ходе вниз может быть использована для обеспечения заполнения рабочих полостей рабочих гидроцилиндров жидкостью, если жидкость, вытесняемую из возвратных гидроцилиндров, направить на вход гидропреобразователя (рис. 2,б) [2].

В ряде случаев более рациональным представляется техническое решение, заключающееся в оснащении вертикального пресса дополнительными гидроцилиндрами низкого давления, выходные звенья которых соединены с подвижной траверсой пресса и имеют суммарную эффективную площадь $A_{с.дц}$, равную с заданным запасом $\Delta A_{зап}$ суммарной эффективной площади $A_{с.рц}$ выходных звеньев рабочих гидроцилиндров за вычетом суммарной эффективной площади $A_{с.вц}$ выходных звеньев возвратных гидроцилиндров, т.е.:

$$A_{с.дц} = A_{с.рц} \Delta A_{с.вц} + \Delta A_{зап} \quad (0 < \Delta A_{зап} < A_{с.вц}).$$

На рис. 3 показана упрощенная принципиальная схема гидросистемы вертикального пресса, выполненного с такими дополнительными гидроцилиндрами.

В рассматриваемом случае рабочие 1, 2, возвратные 3, 4 и дополнительные 11, 12 гидроцилиндры выполнены плунжерными, и их выходными звеньями являются плунжеры.

Дополнительные гидроцилиндры 11, 12, как и возвратные гидроцилиндры 3, 4, установлены встречно по отношению к рабочим гидроци-

линдрам 1, 2, вследствие чего при перемещении подвижной траверсы 13 изменение объема рабочих камер дополнительных и возвратных гидроцилиндров происходит в противофазе изменению объема рабочих камер рабочих гидроцилиндров.

В состав гидросистемы пресса входят клапанные гидрораспределители 5 (с напорным 14 и разгрузочно-сливным 15 клапанами) и 6 (с напор-

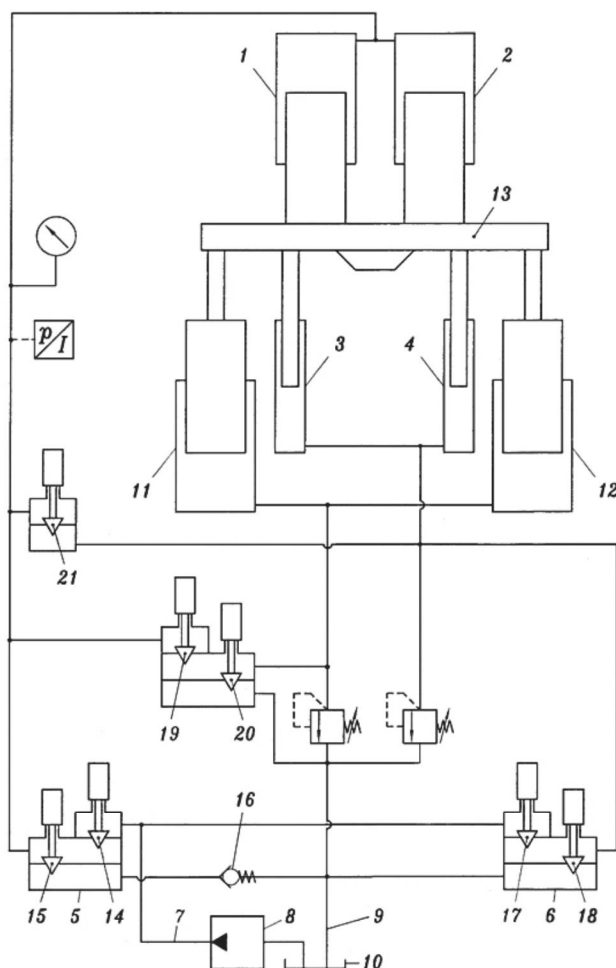


Рис. 3. Упрощенная принципиальная схема гидропривода подвижной траверсы вертикального пресса с дополнительными гидроцилиндрами низкого давления (патент на изобретение RU № 2687122): 1, 2 – рабочие гидроцилиндры; 3, 4 – возвратные гидроцилиндры; 5 – гидрораспределитель рабочих гидроцилиндров; 6 – гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров; 7 – напорная гидролиния; 8 – источник гидравлического питания (насосная или насосно-аккумуляторная установка); 9 – сливная гидролиния; 10 – гидробак; 11, 12 – дополнительные гидроцилиндры низкого давления; 13 – подвижная траверса; 13, 14, 15, 17, ..., 21 – управляемые клапаны; 16 – подпорный обратный клапан

ным 17 и сливным 18 клапанами) управления соответственно рабочими 1, 2 и возвратными 3, 4 гидроцилиндрами.

Рабочие полости дополнительных гидроцилиндров 11, 12 соединены между собой, посредством первого дополнительного двухлинейного двухпозиционного управляемого клапана 19 соединены с рабочими полостями рабочих гидроцилиндров 1, 2 и посредством второго дополнительного двухлинейного двухпозиционного управляемого клапана 20 – со сливной гидролинией 9 гидросистемы пресса.

Посредством третьего дополнительного двухлинейного двухпозиционного управляемого клапана 21 рабочие полости возвратных гидроцилиндров 3, 4 соединены с рабочими полостями рабочих гидроцилиндров 1, 2.

Между сливным каналом гидрораспределителя 5 рабочих гидроцилиндров и сливной гидролинией 9 установлен подпорный обратный клапан 16.

В исходном состоянии гидропривода проходные сечения клапанов 14, 17, 18, 20, 21 закрыты, а клапанов 15, 19 открыты. При этом рабочие полости возвратных гидроцилиндров 3, 4 заперты и подвижная траверса 13 находится в фиксированном положении.

Для осуществления холостого хода подвижной траверсы 13 вниз производится открытие проходного сечения клапана 21.

Под действием силы тяжести траверса 13 перемещается вниз со скоростью $v_{x,x}$, которая при прочих равных условиях определяется, главным образом, степенью открытия проходного сечения клапана 21. При этом рабочая жидкость из рабочих полостей возвратных гидроцилиндров 3, 4 через открытое проходное сечение клапана 21 и из рабочих полостей дополнительных гидроцилиндров 11, 12 через открытое проходное сечение клапана 19 вытесняется в рабочие полости рабочих гидроцилиндров 1, 2 при суммарном расходе $Q_{рц} = A_{с.рц}v_{x,x}$, а через открытое проходное сечение клапана 15, подпорный обратный клапан 16, сливную гидролинию 9 поступает в гидробак 10 при расходе (без учета утечек и перетечек рабочей жидкости):

$$Q_{бак} = (A_{с.дц} + A_{с.вц} - A_{с.рц})v_{x,x}.$$

С учетом того, что: $A_{с.дц} = A_{с.рц} - A_{с.вц} + \Delta A_{зап}$ (см. выше) — расход рабочей жидкости в гидробак 10 через подпорный обратный клапан 16 составляет:

$$Q_{бак} = \Delta A_{зап}v_{x,x}.$$

Благодаря протеканию рабочей жидкости через клапан 16, во время холостого хода подвижной траверсы вниз в рабочих полостях рабочих ги-

дроцилиндров 1, 2 поддерживается гарантированное манометрическое давление, определяемое усилием предварительного поджатия пружины данного клапана, и, соответственно, обеспечивается качественное наполнение рабочих полостей рабочих гидроцилиндров рабочей жидкостью.

Рабочий ход подвижной траверсы 13 осуществляется при закрытых проходных сечениях клапанов 15, 17, 19 и 21 и открытых проходных сечениях клапанов 14, 18 и 20. Рабочая жидкость от источника гидравлического питания (насосной или насосно-аккумуляторной установки) 8 по напорной гидролинии 7 через открытое проходное сечение напорного клапана 14 поступает в рабочие полости рабочих гидроцилиндров 1, 2, вызывая перемещение их выходных звеньев (плунжеров) и соединенной с ними траверсы 13. При этом из рабочих полостей возвратных гидроцилиндров 3, 4 через полностью открытое проходное сечение сливного клапана 18 и из рабочих полостей дополнительных гидроцилиндров 11, 12 через полностью открытое проходное сечение клапана 20 рабочая жидкость вытесняется в сливную гидролинию 9 и по ней поступает в гидробак 10.

По окончании рабочего хода траверсы 13 жидкость в рабочих полостях рабочих гидроцилиндров 1, 2 обладает большой потенциальной энергией за счет упругой деформации собственно жидкости и металлических частей пресса. В связи с этим после завершения рабочего хода траверсы 13 производятся: закрытие проходных сечений клапанов 14, 18, 20 и открытие проходного сечения разгрузочно-сливного клапана 15. В результате, жидкость из рабочих полостей рабочих гидроцилиндров 1, 2, вследствие своего расширения и уменьшения напряжений в металлических частях пресса, поступает через открытое проходное сечение клапана 15 и далее по сливной гидролинии 9 в гидробак 10 (происходит разгрузка рабочих гидроцилиндров от высокого давления). После снижения давления в рабочих полостях рабочих гидроцилиндров 1, 2 до установленного минимального значения открывается проходное сечение клапана 19, в результате чего все клапаны 14, 15, 17, ..., 21 оказываются в исходном состоянии, со-ответствующем зафиксированному положению траверсы.

Для осуществления обратного хода (подъема) подвижной траверсы 13 пресса производится открытие проходного сечения напорного клапана 17. Рабочая жидкость от источника гидравлического питания 8 по напорной гидролинии 7 через открытое проходное сечение напорного клапана 17 поступает в рабочие полости возвратных гидроцилиндров 3, 4, вызывая перемещение их выходных звеньев (плунжеров) и соединенной с ними траверсы 13 со скоростью $v_{\text{под}}$. При этом из рабочих полостей рабочих гидроцилиндров 1, 2 через открытое проходное сечение клапана 19 рабочая жидкость при расходе $Q_{\text{дц}} = A_{\text{с.дц}} v_{\text{под}}$ вытесняется в рабочие полости до-

полнительных гидроцилиндров 11, 12 и через открытое проходное сечение клапана 15, подпорный обратный клапан 16, сливную гидрелинию 9 поступает в гидробак 10 при расходе (без учета утечек и перетечек рабочей жидкости):

$$Q_{\text{бак}} = (A_{\text{с.рц}} - A_{\text{с.дц}})v_{\text{под}}$$

С учетом того, что: $A_{\text{с.дц}} = A_{\text{с.рц}} - A_{\text{с.вц}} + \Delta A_{\text{зап}}$ (см. выше) — расход рабочей жидкости в гидробак 10 через подпорный обратный клапан 16 составляет:

$$Q_{\text{бак}} = (A_{\text{с.вц}} - \Delta A_{\text{зап}})v_{\text{под}} \text{ (как отмечалось выше: } 0 < \Delta A_{\text{зап}} < A_{\text{с.вц}} \text{).}$$

Благодаря протеканию рабочей жидкости через клапан 16, при подъеме подвижной траверсы в рабочих полостях рабочих 1, 2 и дополнительных 11, 12 гидроцилиндров поддерживается гарантированное манометрическое давление, определяемое усилием предварительного поджатия пружины данного клапана.

Остановка подвижной траверсы 13 при выполнении ею обратного хода производится путем закрытия проходного сечения напорного клапана 17.

Заключение

При использовании всех рассмотренных выше технических решений обеспечивается качественное (без нарушения сплошности жидкости) заполнение рабочих полостей рабочих гидроцилиндров при выполнении хода приближения и исключается необходимость в использовании в гидросистеме пресса бака наполнения.

Литература

1. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Шнайдер Л.Б. Реконструкция ковочного пресса «UNITED» силой 20 МН // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2016. № 4. С. 20-25.

2. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М. Об использовании потенциальной энергии поднятой траверсы вертикального пресса // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2016. № 12. С. 22-26.