

УДК: 621.777.06:62-216.72

В.И.Большаков, И.Б.Листопадов, Ю.А.Богачев

### ОСОБЕННОСТИ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЕМ ТРАВЕРС ПРЕССОВ

Приведены результаты экспериментальных исследований прессы усилием 50МН. Установлена возможность уменьшения времени обработки колеса на прессе за счет уменьшения времени холостого хода прессы. Опробован способ импульсного торможения траверсы прессы при укладке штампа на заготовку. Установлено, что импульсное торможение уменьшает время обработки колеса на 10% и увеличивает стойкость штампов.

#### Состояние вопроса.

Основные технологические операции по производству колес выполняются при помощи тяжелых гидравлических прессов. Прессы установлены в единой технологической линии, результат работы которой зависит от работы каждого агрегата. Колесопрокатная линия (КПЛ) состоит из четырех прессов, усилием 20МН, 50МН, 100МН, 35МН и колесопрокатного стана. Характеристики КПЛ и всех входящих в нее агрегатов описаны в работе [1].

Экспериментальными исследованиями комплекса агрегатов колесопрокатной линии, проведенными авторами работы, установлено, что «узким местом» КПЛ являются колесопрокатный стан и пресс усилием 50МН. Время обработки колес на этих агрегатах на 10-20% больше, чем на других агрегатах. От времени обработки и времени ожидания обработки колес на каждом из агрегатов зависит температура заготовок и, следовательно, время обработки колес на последующих агрегатах. Наибольшая зависимость времени обработки от температуры колес наблюдалась на колесопрокатном стане (рис.1).

На рис.1 показана зависимость времени обработки колеса на стане ( $t, c$ ) от температуры подаваемого на стан колеса ( $t^0, C$ ). Во время эксперимента температура выдаваемых из печи заготовок была постоянной. Видно, что температура подаваемых на стан колес имеет значительный разброс ( $M=1004,3^0C$ ;  $\sigma=12,2^0C$ ). Разброс температур обусловлен различным значением температурных потерь при обработке колеса на предыдущих агрегатах КПЛ.

Ранее упоминалось, что из всех прессов наибольшее время обработки и ожидания обработки колеса зафиксировано на прессе усилием 50МН.

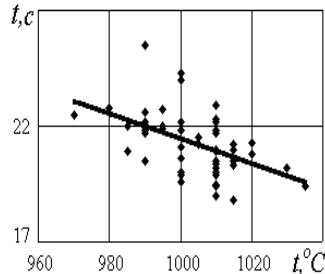


Рис.1. Зависимость времени обработки колеса на колесопрокатном стане от температуры

Если учесть, что после обработки колеса на прессе производится удаление остаточной окалины с поверхности колеса, то можно предположить, что обработка колеса на прессе усилием 50МН сопровождается наибольшими потерями температуры заготовки. Анализ циклограммы работы пресса (в работе используется информация, содержащаяся в отчетах по выполненным авторами научно-исследовательским работам) показывает, что значительное время цикла работы занимают холостые хода пресса, причем среднее время этих операций больше минимального времени на 10-15%.

Следует заметить, что на прессе усилием 50МН выполняются две технологические операции: обжатие заготовки и разгонка заготовки пуансоном, что требует удвоения холостых ходов траверсы пресса. Рассмотрим работу пресса во время выполнения холостых ходов траверсы.

### Изложение основных материалов исследований.

Гидравлическая схема пресса (рис.2) состоит из сервопривода 1 управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 1. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 2. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 3. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 4. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 5. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 6. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 7. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 8. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 9. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 10. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 11. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 12. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 13. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-  
 14. управления кулачковым валом 2, клапанных распределителей 3 и 4 управления гидроцилиндром прессования 5 и гидроцилиндрами подъема 6 траверсы 7, клапана на-

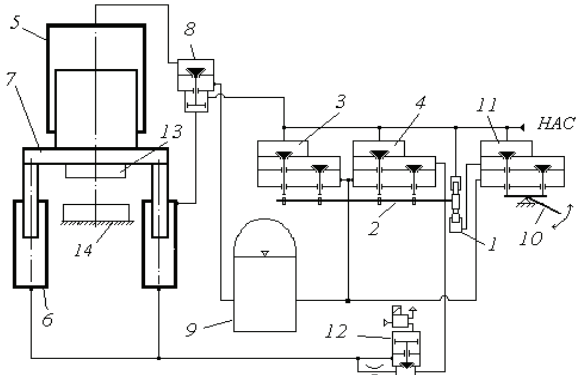


Рис.2. Гидравлическая схема управления прессом усилием 50МН

находящейся на нижнем штампе 14. Для осуществления «операции разгонка заготовки пуансоном» на ось пресса специальным механизмом – наметкой вводится пуансон (на рисунке не показан).

Для подъема траверсы 7 ручка 10 управления клапанами распределителя 11 переводится в положение подъем траверсы. Гидроцилиндры 6 соединяются с напорной магистралью, а гидроцилиндр прессования 5 соединяется через наполнительный клапан 8 с баком – наполнителем 9. Траверса 7 поднимается вверх со скоростью, заданной настройкой управляемого вентиля высокого давления на входе в напорную магистраль пресса (на рисунке не показан). Скорость подъема зависит от пропускной способности наполнительного клапана 8. Максимальная скорость подъема траверсы, зафиксированная во время экспериментальных исследований,

составляет 0,6м/с. При подходе к архитраву, т.е. к крайнему верхнему положению, траверса тормозится. Торможение необходимо для предотвращения ударов траверсы об архитрав, что вызывает поломки конструкции прессы. Для торможения траверсы в верхнем положении в Институте черной металлургии разработано гидравлическое тормозное устройство, внедренное на прессах колесопрокатных линий Нижнеднепровского трубопрокатного и Выксунского металлургического заводов. Детальное описание конструкции и работы устройства содержится в работах [1,2]. Принцип действия тормозного устройства основан на переводе траверсы в конце подъема на ползучую скорость, для чего в гидросистему прессы введен автоматический запорный клапан 12 с дросселем. Управление торможением осуществляется позиционной автоматической системой с помощью линейки и бесконтактных выключателей (на рисунке не показаны). На рис.3 приведен фрагмент осциллограммы, иллюстрирующей процесс торможения. На рисунке обозначено:  $S$  и  $U$  – перемещение и скорость траверсы;  $k$  – команда системы управления. Можно заметить, что торможение траверсы достаточно эффективно. Перемещение траверсы при торможении носит колебательный характер с периодом  $T=0,77с$ . Колебания затухают через 1,3 -1,5с после начала торможения. Время торможения составляет 2-2,5с. Особенностью процесса торможения является остановка траверсы после начала торможения длительностью около 1с и время транспортного запаздывания  $\tau=1,1с$ , характеризующие работу системы управления и параметры гидромеханической системы. В данном случае длительность торможения при подходе траверсы к архитраву не влияет на время обработки колеса на прессе, т.к. в это время выполняются операции загрузки выгрузки колеса на пресс, имеющие длительность большую, чем время торможения.

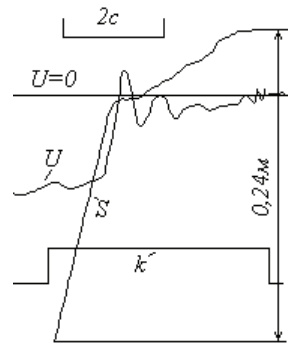


Рис.3. Торможение траверсы в верхнем положении

Попытки использовать такой же способ торможения при укладке штампа на заготовку, т.е. в конце движения траверсы вниз, не увенчался успехом из-за значительного увеличения времени обработки колеса. В настоящее время используется ручное торможение траверсы, осуществляемое оператором прессы с помощью штатных элементов гидросистемы прессы. Операция «торможение траверсы в нижнем положении» необходима для предотвращения дополнительных нагрузок на элементы конструкции прессы и для повышения стойкости штампов. В штампах, выполненных из специальной износостойкой стали, ударное нагружение вызывает деформацию профиля штампа. На рис.4 приведен фрагмент осциллограммы работы прессы с ручным торможением при укладке траверсы на

заготовку. На рисунке обозначено:  $S$  и  $U$  – перемещение и скорость траверсы;  $h$  – перемещение ручки оператора (позиция 10 на рис.2). Ручное торможение осуществляется периодическим закрыванием и открыванием сливного клапана распределителя 4 (рис.2). При торможении оператор визуально определяет начало торможения относительно положения траверсы прессы и количество циклов торможения по алгоритму «закрыл-открыл сливной клапан». Поскольку распределителями 3 и 4 (рис.2) управляют с помощью сервопривода с гидросилителем (распределитель 11 на рис.2), ручное управление происходит с задержкой, т.е. существует пауза (транспортное запаздывание) между командой, подаваемой ручкой управления и реакцией гидросистемы на эту команду. Время транспортного запаздывания составляет  $\tau=1,0 - 1,4с$  в зависимости от угла и скорости поворота ручки 10 (рис.2). Следует заметить, что при команде, задаваемой оператором прессы на торможение, сливной клапан гидрораспределителя 4 (рис.2) может закрываться не полностью, вследствие особенностей конструкции клапана. В гидрораспределителях 3 и 4 (рис.2) используются двух или трехступенчатые клапаны, в зависимости от площади проходного сечения клапана. Более детально особенности конструкции и работы многоступенчатых клапанов описаны в работе [3].

Сложность способа торможения с помощью ручного управления гидрораспределителями с использованием алгоритма «открыть-закрыть сливной клапан гидрораспределителя подъемных цилиндров» без регламентированного времени паузы между открыванием и закрыванием клапана приводит либо к удару верхнего штампа о заготовку, либо к увеличению времени обработки колеса.

В Институте черной металлургии, к началу выполнения экспериментальных исследований, результаты которых приводятся в работе, были выполнены теоретические проработки по управлению изменением реакции гидросистемы на единичное возмущение с целью улучшения рабочих характеристик гидрофицированного механизма. Управляемое изменение реакции гидросистемы основывалось на импульсном (дискретном) формировании внешнего возмущения, причем параметрами внешнего возмущения служили динамические параметры гидромеханической системы. Этот вид формирования возмущения или управления внешним воздействием получил название импульсного или дискретного управления. Основные алгоритмы импульсного управления, их взаимосвязь с динамическими параметрами гидромеханизма и эффективность использования приве-

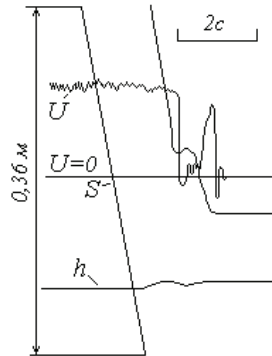


Рис.4. Торможение траверсы в нижнем положении

дены в работах [4-6]. Одним из положений, установленных в этих работах, является вывод о том, что для каждой конкретной задачи и для каждого вида гидромеханизмов нужно выбирать индивидуальный алгоритм управления.

При решении задачи торможения траверсы пресса при укладке штампа на заготовку был опробован алгоритм управления прессом, основанный на общих принципах импульсного управления гидромеханизмами. Для конкретного гидромеханизма алгоритм управления траверсой пресса выглядел следующим образом. В момент подхода траверсы к заготовке прекращается ее движение. Через период времени, равный половине периода колебания траверсы ее движение возобновляется. В какой то мере этот алгоритм повторяет алгоритм управления, используемый оператором пресса и заключающийся в периодическом закрывании и открывании сливного клапана гидрораспределителя гидроцилиндров подъема траверсы. Принципиальным отличием является введение регламентированной стабильной паузы – введен регламентированное время паузы между закрыванием и открыванием клапана, равное полупериоду колебания траверсы пресса. Импульсное управление торможением внесло определенность в алгоритм управления. На рис.5 представлен фрагмент осциллограммы, полученный при экспериментальном исследовании работы пресса с использованием импульсного торможения. На рисунке обозначено:  $S$  и  $U$  – перемещение и скорость траверсы пресса;  $k$  – команда на закрывание клапана торможения траверсы (позиция 12 на рис.2).

Импульсное управление торможением реализовывалось следующим образом. В качестве запорного клапана использовался не сливной клапан гидрораспределителя (позиция 4 на рис.2), а автоматический клапан с пневмоуправлением (позиция 12 на рис.2), использующийся при торможении траверсы в верхнем положении. Подача команды на закрывание клапана осуществлялась специальной кнопкой «пуск» на пульте оператора пресса. Открывание клапана производилось по команде реле времени с дискретностью 0,05с, которое запускалось при нажатии кнопки «пуск». Если к моменту подачи команды на открывание клапана верхний штамп на траверсе не достиг заготовки, то траверса продолжала двигаться вниз, постепенно разгоняясь до установившейся скорости движения. Момент подачи команды пуск определялся исходя из обеспечения минимальной скорости встречи траверсы с заготовкой. В течение эксперимента время работы реле времени регулировалось в пределах  $\tau = 0,2 - 1,5$ с. Наилучший резуль-

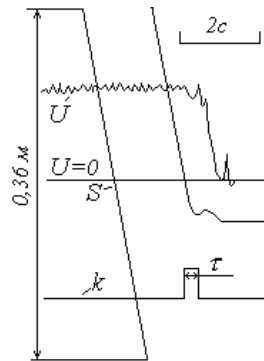


Рис.5. Торможение траверсы с импульсным управлением

тат наблюдался при настройке выдержки времени  $\tau = 0,35 - 0,4с$ , что соответствует половине периода колебаний траверсы пресса. Команду на торможение оператор пресса подавал произвольно, ориентируясь визуально на положение траверсы пресса относительно заготовки. В процессе опробования импульсного управления торможением пресса было обработано около 100 заготовок. В большинстве случаев качество торможения обеспечивало безударную укладку траверсы со штампом на заготовку без потери времени. При изменении момента подачи команды на торможение, зависящего от положения траверсы относительно заготовки наблюдалось изменение качества торможения в зависимости от начала торможения. Оптимальное торможение в таких случаях происходило при несколько других уставках работы реле времени, отличных от времени, равного половине периода колебаний траверсы пресса.

### **Выводы.**

Таким образом, экспериментально установлена возможность использования импульсного управления в гидромеханических механизмах типа гидравлических прессов, которые при холостом ходе вниз могут быть представлены расчетной схемой гидросистемы с концевой массой. Алгоритм управления для этого типа гидромеханизмов отличается от разработанных и исследованных ранее [4-6] алгоритмов для гидромеханических систем с двумя магистралями и центральной массой, реализующих точную остановку в произвольном положении, максимальное быстродействие при разгоне и качественное торможение при остановке движущейся массы.

1. *Производство железнодорожных колес / Г.А. Бибик, А.М. Иоффе, А.В. Праздников и др. // М.: Металлургия, 1982.- 232с.*
2. *Прессы с автоматическим торможением траверс в конце хода / А.М. Иоффе, А.В. Праздников, И.Б. Листопадов и др. // Механизация и автоматизация производства, №2, 1975. – С. 23 -26.*
3. *Михеев В.А., Ям В.М., Поляков Б.И. Модернизация гидропрессового оборудования // М.: Машгиз, 1961.- 252 с.*
4. *Большаков В.И., Листопадов И.Б., Михайловский Н.В. Применение в гидромеханизмах управляемого механизма с учетом колебаний рабочего органа // Теория и практика металлургии, №5-6, 2002. С.-43-47.*
5. *Большаков В.И., Листопадов И.Б. Особенности управления гидроприводом транспортных механизмов металлургических агрегатов // Подъемно-транспортная техника, №2, 2003. С.-104-113.*
6. *Большаков В.И., Листопадов И.Б. Оптимизация управления гидрофицированными механизмами // Металлургическая и горнорудная промышленность, №4, 2006. С.-110-114.*

*Статья рекомендована к печати докт.техн.наук В.А.Носковым*