



Российская Кузнечная Академия им. профессора А.И.Зимина

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО
КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ И
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ
В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**



Ассоциация «Станкоинструмент»



ОАО «Тяжпрессмаш»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПРОФИЛЬНОГО ПРЕССА МОДЕЛИ П8148 УСИЛИЕМ 63 МН

*Бодров В.В. - к.т.н., президент холдинга,
Багаутдинов Р.М. - генеральный директор, Батурин А.А. - к.т.н.,
главный инженер, Гойдо М.Е. - к.т.н., главный инженер проектов,
ООО «УрИЦ» г. Челябинск*

Горизонтальный профильный пресс модели П8148 производства Коломенского завода тяжелого станкостроения установлен в кузнечно-прессовом цехе АО «Металлургический завод «Электросталь». С момента ввода пресса в эксплуатацию в 1970 г. его гидросистема и система управления практически не реконструировались. Лишь в 1988 г. специалистами кафедры "Роботизированные системы и машины обработки металлов давлением" Краматорского индустриального института (в настоящее время вуз имеет другое название: Донбасская государственная машиностроительная академия) была проведена частичная модернизация гидропривода управления подвижной (прессующей) траверсой пресса, направленная на

« ... повышение гибкости и оперативности управления скоростью прессования». Однако, после этой модернизации система управления подвижной траверсой пресса по-прежнему оставалась разомкнутой, вследствие чего качество продукции, производимой на прессе, в значительной степени зависело от квалификации оператора.

В связи с физическим износом гидрооборудования пресса и несовершенством его системы управления в 2008 г. руководством завода было принято решение о проведении их глубокой модернизации с учетом современного уровня развития техники. Выполнение работы было поручено ООО «Уральский инжиниринговый центр» (ООО «УрИЦ»). Разработка проектно-конструкторской документации на модернизацию гидросистемы и системы управления пресса была завершена в том же 2008 г. Однако, в связи с начавшимся в 2008 г. экономическим кризисом реализация проекта началась лишь в 2011 г. и осуществлялась поэтапно.

На текущий момент пресс оснащен новой модернизированной электрогидравлической системой управления. В составе системы используются промышленный контроллер Simatic S7-400 (CPU 414-2) и

IBM PC-совместимый промышленный компьютер, укомплектованные стандартным и специальным программным обеспечением.

Модернизированная электрогидравлическая системы управления пресса включает в себя:

а) гидроприводы подвижной траверсы пресса, контейнеро-держателя, выталкивателя, горизонтальных ножниц, продольного перемещения инструментальной головки, работающие на воде;

б) гидроприводы управления клапанными гидрораспределителями подвижной траверсы пресса, контейнеродержателя, выталкивателя, горизонтальных ножниц, продольного перемещения инструментальной головки, работающие на масле;

в) насосно-аккумуляторную установку системы управления клапанными гидрораспределителями, укомплектованную местным пультом управления;

г) гидроприводы управления вспомогательными механизмами (механизмами поворота инструментальной головки, подъемника призмы податчика, перемещения пилы горячей резки, загрузки-выгрузки матриц, поворота ползуна дозатора, подъема-опускания дозатора пресс-шайб, подъемника пресс-шайб и приемника прессостатка) пресса, работающие на масле;

д) насосно-аккумуляторную установку системы управления вспомогательными механизмами пресса, укомплектованную местным пультом управления;

е) электрические силовые шкафы насосных установок, податчика заготовок и пилы горячей резки;

ж) датчик положения подвижной траверсы;

з) систему бесконтактных выключателей для контроля положения всех механизмов пресса;

и) шкафы автоматики;

к) главный пульт управления пресса, укомплектованный панелью оператора и промышленным компьютером верхнего уровня;

л) дополнительные пульты управления вспомогательными механизмами.

Клапанные гидрораспределители, предназначенные для управления рабочим и возвратными гидроцилиндрами подвижной траверсы пресса, а также контейнеродержателем, выталкивателем, горизонтальными ножницами и продольным перемещением

инструментальной головки выполнены с использованием стыкового способа построения (Рис. 1, 2). Каждый из напорных и сливных клапанов указанных гидрораспределителей снабжен индивидуальным гидроцилиндром управления, работающим на масле, и имеет собственный корпус, на присоединительную плоскость которого выведены входное и выходное отверстия (рис. 3). Этой плоскостью клапан крепится к ответной плоскости коллектора, соединенного посредством трубопроводов с полостями соответствующих гидроцилиндров привода и водяными насосно-аккумуляторной станцией и гидробаком (напорным или питающим).

Для управления водяными клапанами гидросистема пресса укомплектована соответствующей насосной установкой (Рис. 4), которая используется в сочетании с блоком пневмогидравлических аккумуляторов (Рис. 5).

Все напорные и сливные клапаны рабочего и возвратных гидроцилиндров подвижной траверсы пресса выполнены запорно-регулирующими и снабжены датчиком положения их запорно-регулирующего элемента как для контроля состояния клапана, так и для организации местной отрицательной обратной связи по положению. Для управления этими клапанами используются гидрораспределители с пропорциональным электрическим управлением, которые на случай их отказа продублированы направляющими гидрораспределителями с электрогидравлическим управлением (для обеспечения возможности перемещения подвижной траверсы в аварийных ситуациях).

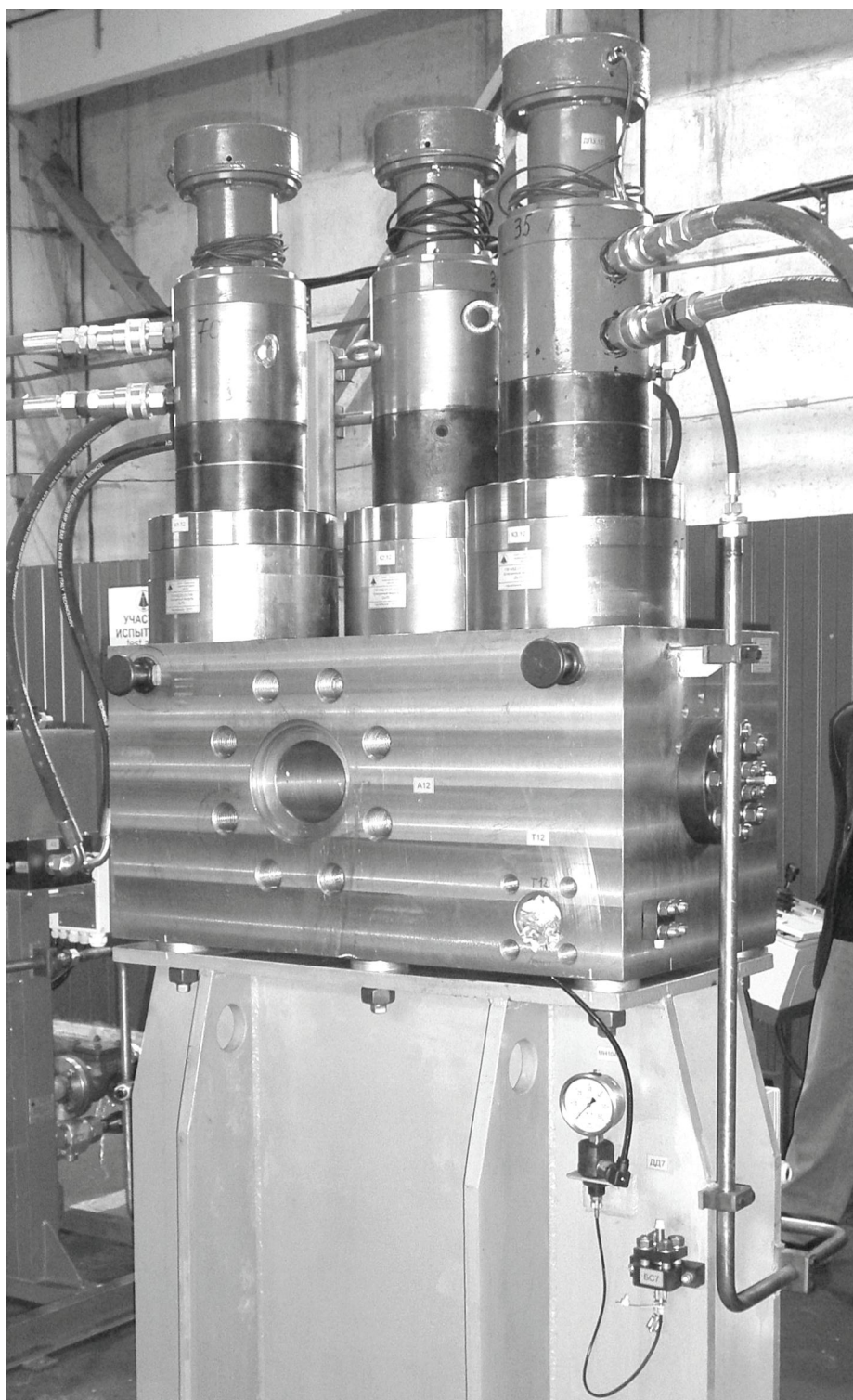


Рис. 1. Гидрораспределитель рабочего гидроцилиндра модернизированной электрогидравлической системы управления горизонтального профильного прессы П8148 на участке испытаний готовой продукции ООО “УриЦ”

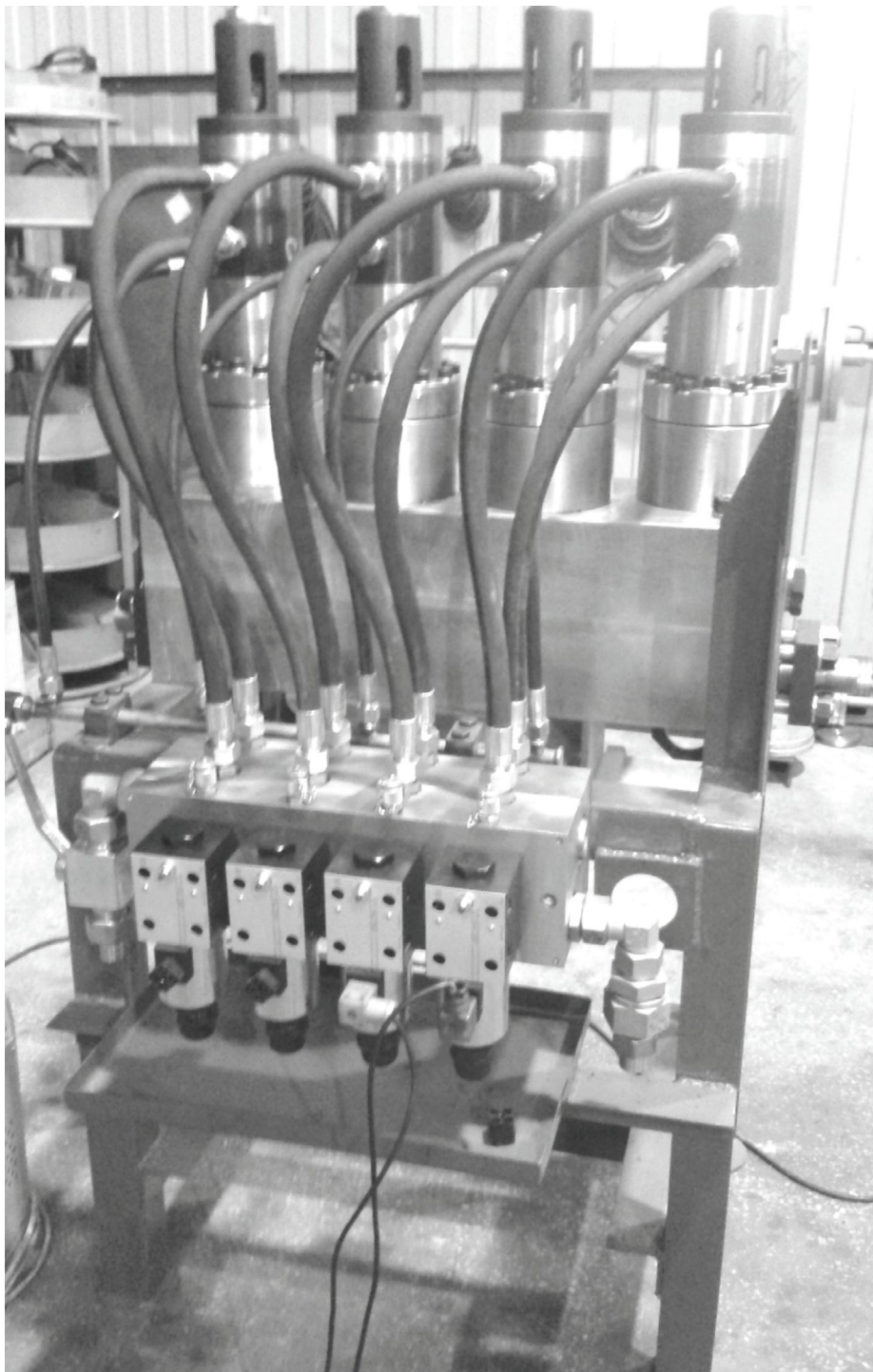
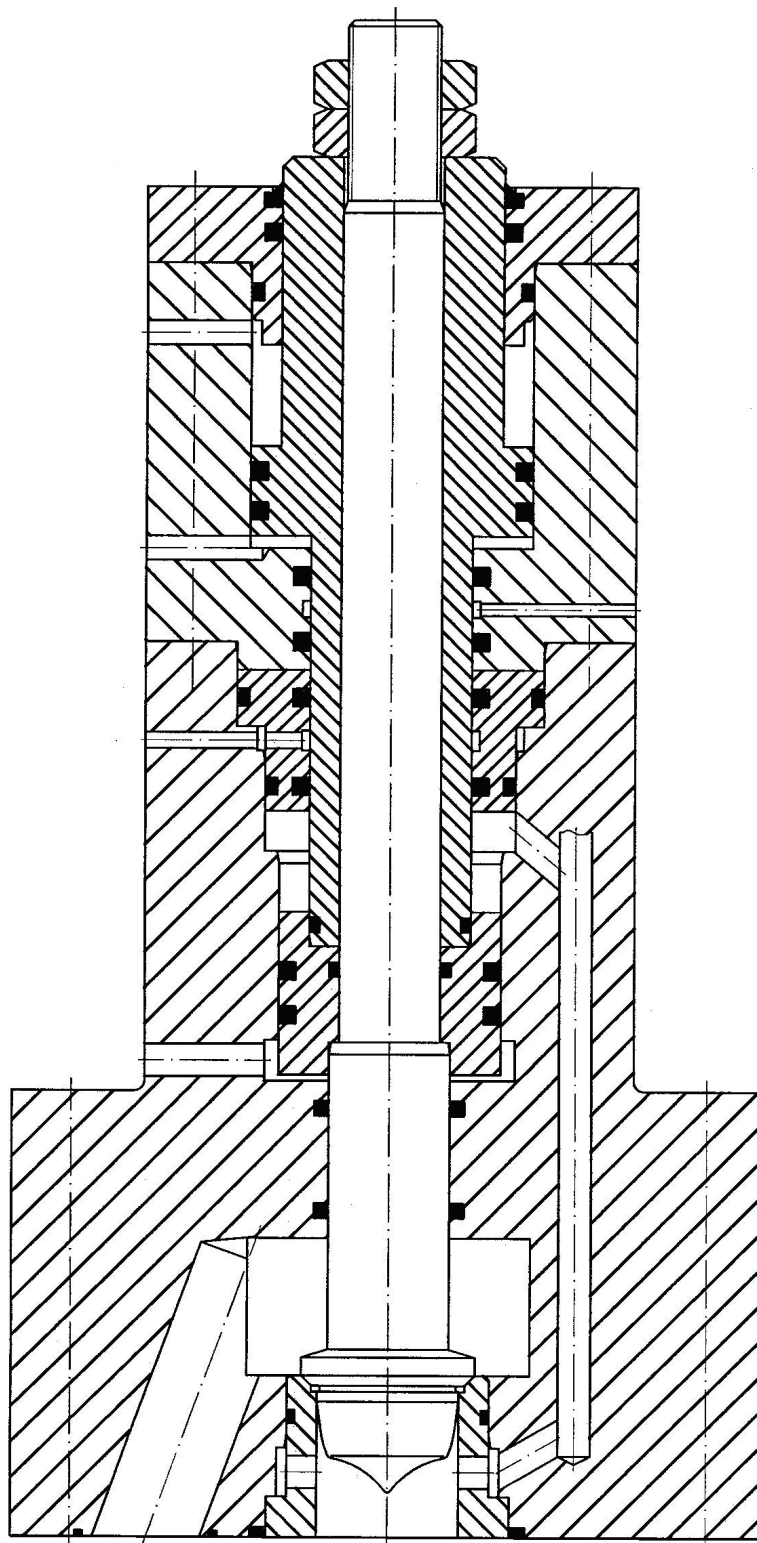


Рис. 2. Гидрораспределитель механизма поворота инструментальной головки (с гидропанелью управления) модернизированной электрогидравлической системы управления горизонтального профильного пресса П8148 на участке испытаний готовой продукции ООО “УрИЦ”



*Рис. 3. Конструктивная схема запорно-регулирующего клапана
(патент на полезную модель RU № 96924)*

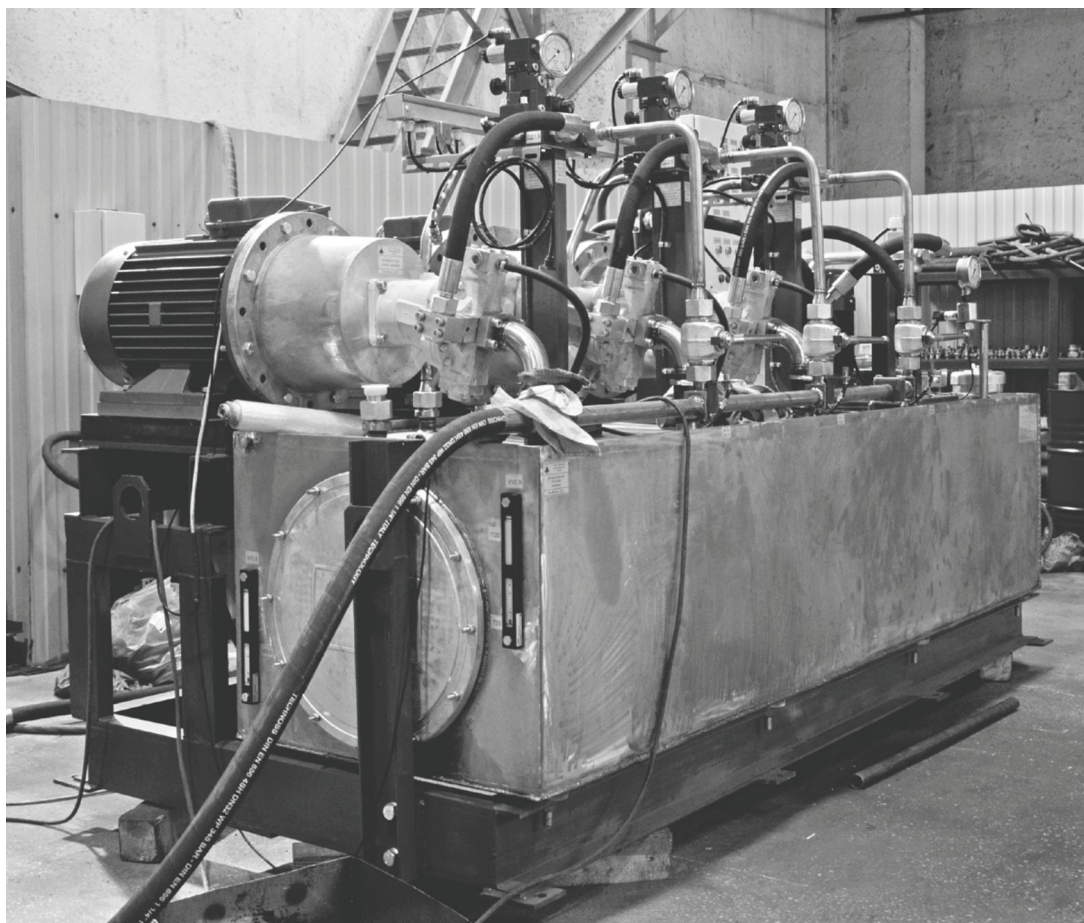


Рис. 4. Насосная установка системы управления на участке испытаний готовой продукции ООО «УрИЦ»

Все напорные и сливные клапаны, входящие в состав гидрораспределителей контейнеродержателя, выталкивателя, горизонтальных ножниц и продольного перемещения инструментальной головки выполнены с дискретным управлением (то есть их проходное сечение или закрыто, или полностью открыто) и снабжены бесконтактными выключателями для контроля перемещения их запорного элемента в соответствующие крайние положения. Для управления этими клапанами используются направляющие гидрораспределители с электрическим управлением (см. Рис. 2).

В настоящее время в ООО «УрИЦ» прорабатывается новая конструкция запорно-регулирующих и запорных клапанов для гидросистем прессов, работающих на воде или водной эмульсии, характеризующаяся при прочих равных условиях уменьшенным осевым габаритным размером и повышенной технологичностью (Рис. 6).

Возможна работа прессы в наладочном, ручном и полуавтоматическом режимах управления, а также в режиме смены инструмента.

При работе прессы в режиме ручного управления все операции осуществляются по сигналам, подаваемым оператором (в пределах, допустимых блокировками). Управление подвижной траверсой производится посредством джойстика, расположенного на главном пульте управления прессы.



Рис. 5. Блок пневмогидравлических аккумуляторов на участке испытаний готовой продукции ООО “УрИЦ”

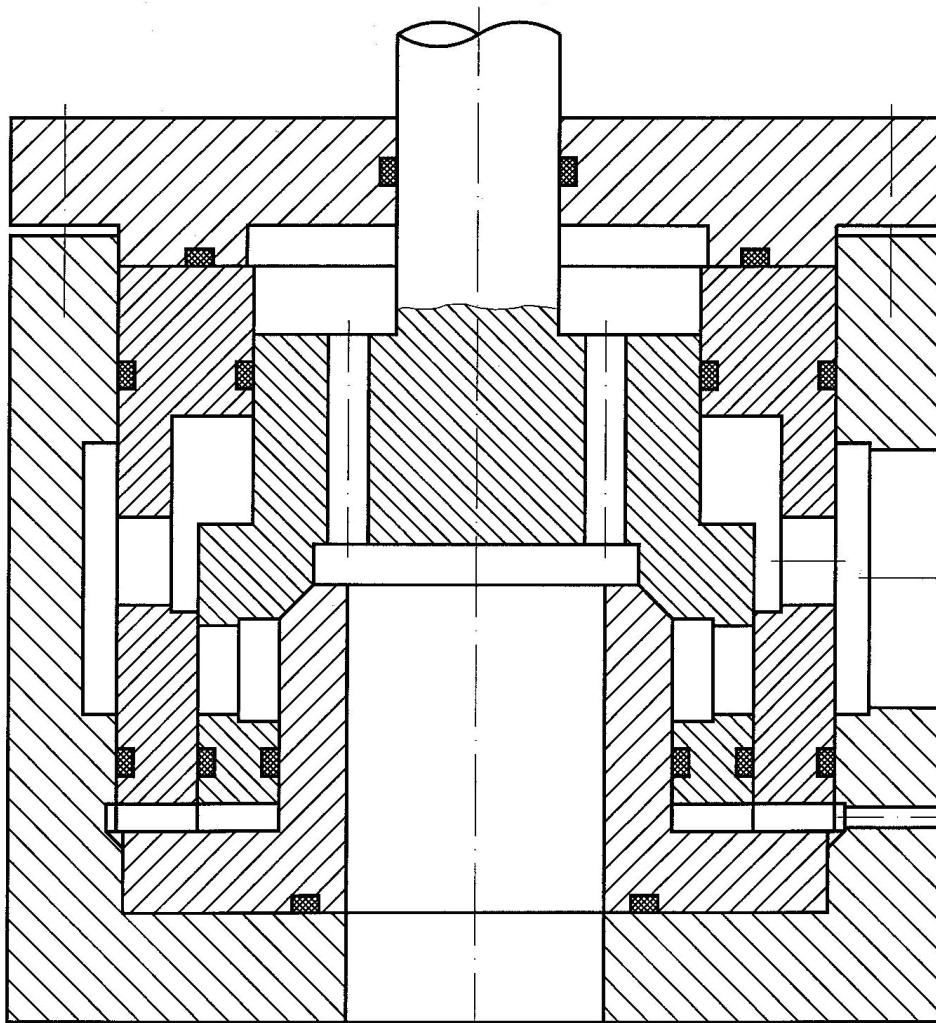


Рис. 6. Конструктивная схема запорно-регулирующего клапана с уменьшенным осевым габаритным размером (патент на изобретение RU № 2552211)

При этом возможны три режима работы с точки зрения регулирования скорости движения траверсы: с полным регулированием, с регулированием без использования главной обратной связи по положению подвижной траверсы, без регулирования. Текущий вариант режима работы пресса из числа трех указанных устанавливается (выбирается) с использованием соответствующего экрана задания панели оператора или монитора компьютера.

При работе в режиме ручного управления с полным регулированием направление и величина отклонения ручки джойстика управления подвижной траверсой из исходного (нейтрального) положения определяют соответственно подлежащую выполнению операцию (движение траверсы

вперед или назад) и необходимую скорость движения траверсы. В этом режиме используется главная отрицательная обратная связь по положению подвижной траверсы, реализуемая на основании сигнала датчика линейного перемещения. При работе в режиме ручного управления с регулированием без использования главной обратной связи направление и величина отклонения ручки джойстика из исходного (нейтрального) положения определяют соответственно подлежащую выполнению операцию и величину сигнала, задающего величину открытия проходного сечения напорного или сливного клапана гидрораспределителей рабочего и возвратных гидроцилиндров. В этом режиме обратная связь по положению подвижной траверсы не используется. Оба рассмотренных режима являются режимами с аналоговым управлением.

При работе в режиме ручного управления без регулирования при отклонении ручки джойстика из исходного (нейтрального) положения вперед (от оператора) или назад (на оператора) на угол, превышающий некоторое установленное значение, формируются управляющие сигналы, которым соответствует открытие проходных сечений определенных напорных и сливных клапанов гидрораспределителей рабочего и возвратных гидроцилиндров на максимальную величину или полное закрытие проходных сечений клапанов, что обуславливает возможность движения траверсы (если она не находится на упоре) соответственно вперед или назад с максимально возможной скоростью. В этом режиме для управления клапанами гидрораспределителей рабочего и возвратных гидроцилиндров используются только направляющие гидрораспределители. Данный режим является режимом с дискретным управлением.

Работа в полуавтоматическом режиме всегда осуществляется с использованием главной отрицательной обратной связи по положению подвижной траверсы (то есть с полным регулированием) и автоматическим переходом с режима свободного хода траверсы вперед на режим рабочего хода (на основании контроля давления в рабочей полости возвратных гидроцилиндров и дополнительно скорости движения траверсы).

Монитор персонального компьютера и панель оператора практически полностью дублируют друг друга (что повышает жизнеспособность системы управления пресса) за исключением нескольких дополнительных функций, доступных только с помощью монитора.

Посредством панели оператора и монитора персонального компьютера осуществляются:

- визуализация работы оборудования систем управления подвижной траверсой, а также вспомогательными механизмами пресса;
- вывод предупредительных, информационных и аварийных сообщений;
- ввод и редактирование различных параметров, регламентирующих работу системы управления;
- управление гидравлическими устройствами в режиме наладки.

Для обеспечения максимального удобства работы оператора реализовано достаточное количество экранов, отображающих на панели оператора и мониторе компьютера работу гидравлических и электрических устройств, входящих в электрогидравлическую систему управления пресса (Рис. 7, 8).

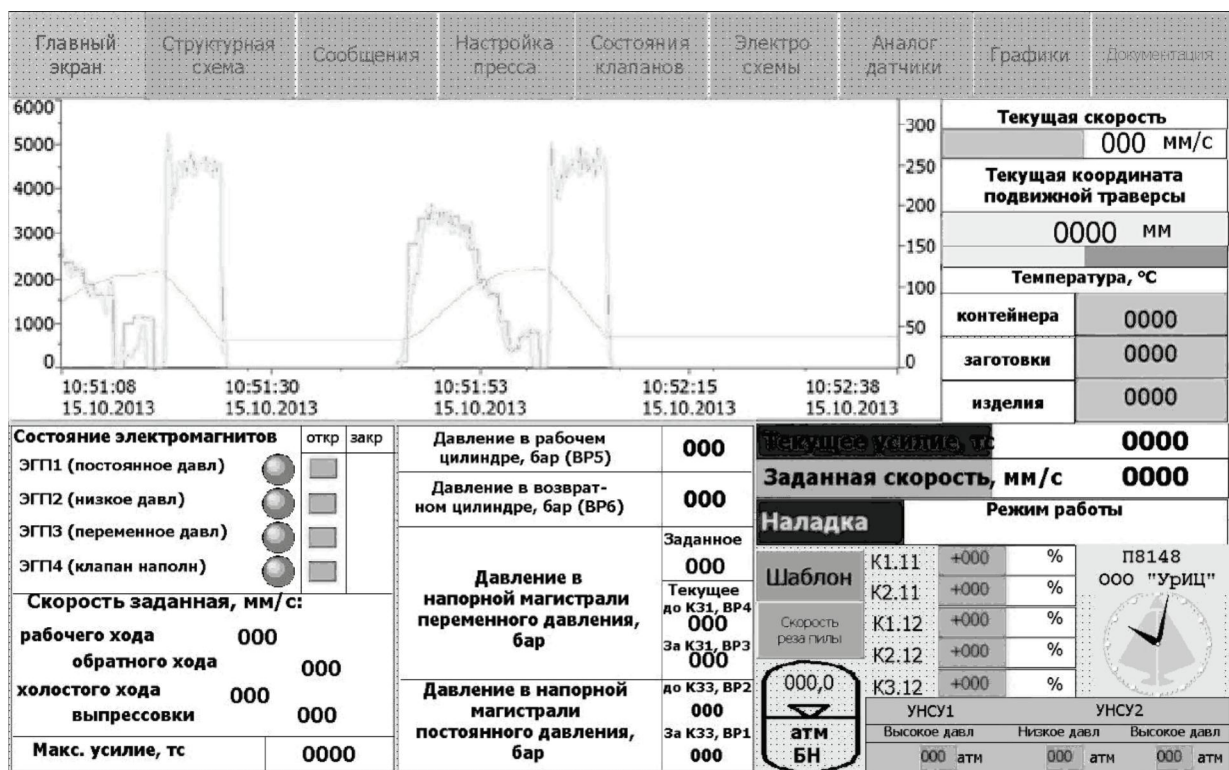


Рис. 7. Вид главного экрана системы управления пресса

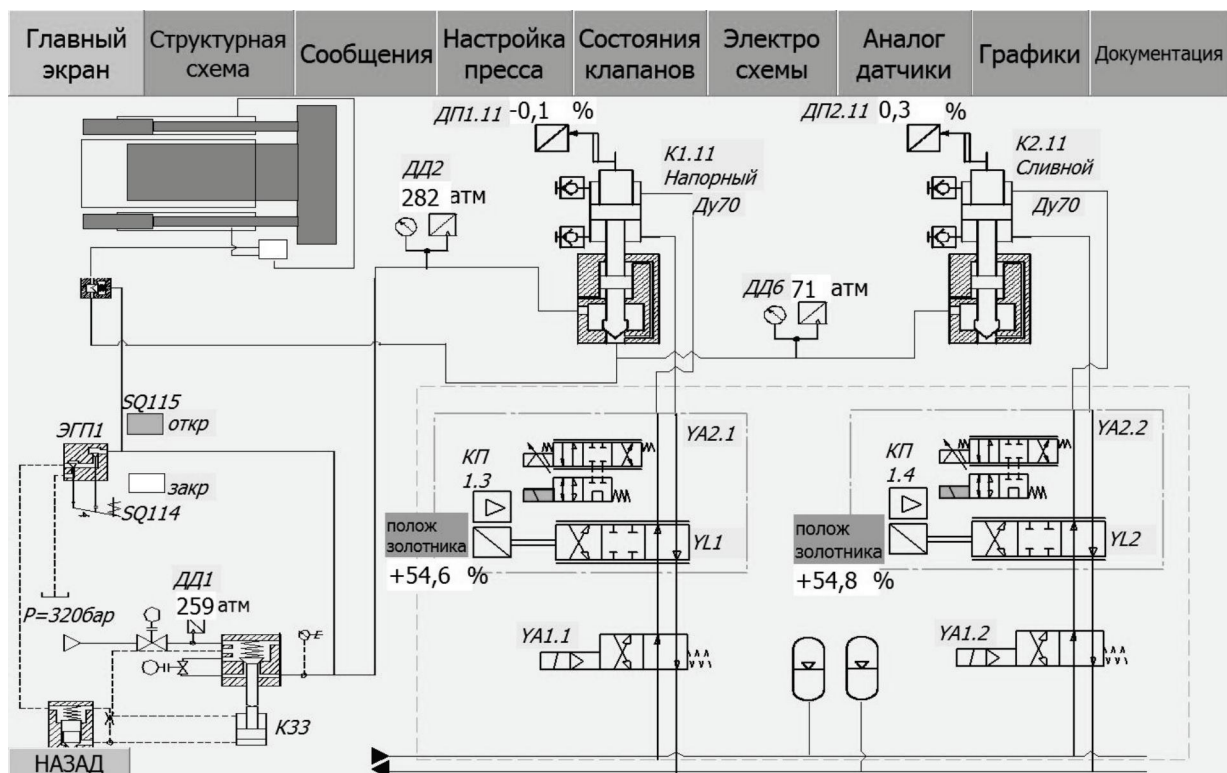


Рис. 8. Вид экрана «Гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров»

Опыт эксплуатации пресса с модернизированной электрогидравлической системой управления показал, что ее внедрение привело к улучшению условий труда оператора и обслуживающего персонала пресса, сокращению простоев пресса, связанных с ремонтами и, в конечном итоге, к повышению производительности пресса и качества производимой на нем продукции.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРЕССОПРОКАТНОЙ ЛИНИИ КОЛЕС

*Бодров В.В. - к.т.н., президент холдинга,
Багаутдинов Р.М. - генеральный директор, Батурин А.А. - к.т.н.,
главный инженер, Гойдо М.Е. - к.т.н., главный инженер проектов,
ООО «УрИЦ», г. Челябинск*

В 2004 г. в колесобандажном цехе (КБЦ) ОАО «ЕВРАЗ НТМК» была запущена в эксплуатацию новая прессопрокатная линия колес (ППЛК) разработки фирмы SMS EUMUCO группы компаний SMS group (Германия).

На начальной стадии эксплуатации ППЛК в ее работе сразу был выявлен ряд недостатков. Некоторые из этих недостатков были устранены совместными усилиями специалистов предприятия и фирмы-производителя, но, тем не менее, по окончании гарантийного срока и нескольких последующих лет эксплуатации линии ее расчетная производительность по выпуску колес так и не была достигнута.

Технологический процесс деформирования заготовки на прессопрокатной линии включает в себя следующие операции:

- осадку заготовки в гладких плитах и плавающем кольце на прессе № 1 усилием 50 МН;
- формовку заготовки на прессе № 2 усилием 90 МН;
- прокатку на колесопрокатном стане;
- прошивку отверстия и выгибку диска на прессе № 3 усилием 50 МН.

Каждый из вышеуказанных прессов для осуществления охлаждения и смазки рабочих поверхностей верхнего и нижнего штампов (после удаления заготовки из межштампового пространства) оснащен так называемым манипулятором охлаждения и смазки. Манипулятор охлаждения и смазки укомплектован установленной на подвижной тележке головкой с форсунками, через которые на рабочие поверхности штампов осуществляется последовательно распыление охлаждающей воды и смазки.

Установленные фирмой SMS EUMUCO манипуляторы охлаждения и смазки имели электромеханический привод подвижной тележки. Предполагалось, что они будут обеспечивать перемещение последней вместе с головкой охлаждения и смазки как из исходного положения в рабочее, так и из рабочего положения в исходное за 1,3 с. Однако, как

показал опыт эксплуатации, при таком быстром действии манипуляторы с электромеханическим приводом работают весьма ненадежно вследствие механических поломок. В связи с этим время перемещения тележки манипулятора в каждом из направлений пришлось увеличить до 2,5 - 3 с при соответствующем увеличении продолжительности технологического цикла, выполняемого на каждом из прессов. У операторов ППЛК также вызывала нарекания точность позиционирования головки охлаждения и смазки в рабочем положении, влияющая на равномерность охлаждения поверхностей штампов.

Для обеспечения качественного нанесения смазки на рабочие поверхности штампов их температура непосредственно перед выполнением этой операции должна находиться в пределах от 190 до 360 °С. Существовавшая система охлаждения штампов обладала недостаточными расходными характеристиками, вследствие чего для охлаждения поверхностей штампов до приемлемых температур требовалось не менее 10 - 14 с вместо 6 - 8 с, предусматриваемых на этапе проектирования ППЛК.

Анализ продолжительности технологических циклов, выполняемых на основных агрегатах ППЛК, показал, что с этой точки зрения самым «узким» местом линии является пресс № 2. Ощутимые затраты времени в технологическом цикле работы указанного пресса связаны с работой робота-манипулятора типа 1073 фирмы "Glama", осуществляющего перенос заготовки колеса с пресса № 1 на пресс № 2 и установку заготовки соосно штампам пресса № 2.

При смещении оси заготовки относительно оси штампов нарушается симметричность отштампованной заготовки, и для получения в этом случае на выходе ППЛК годного изделия приходится завышать массу заготовки. В результате, увеличиваются расходы металла и энергии и трудоемкость последующей механической обработки колес.

Система управления роботом-манипулятором позволяет достаточно точно устанавливать заготовку на пресс № 2 относительно оси штампов, но при этом продолжительность процесса установки превышает желаемую на 1,5 - 2 с.

Работа по решению перечисленных проблем в декабре 2011 г. была поручена ООО «Уральский инжиниринговый центр» (г. Челябинск), а уже в ноябре 2012 г. в ходе капитального ремонта ППЛК, который длился 18 дней, запланированная модернизация прессопрокатной линии была в полном объеме выполнена.

Специалистами ООО «УрИЦ» проведен весь комплекс работ по проектированию, разработке программного обеспечения, изготовлению, монтажу и пусконаладке механического, гидравлического и электронного оборудования, позволивший решить все поставленные перед ними задачи, сводящиеся в конечном итоге к повышению производительности ППЛК и снижению себестоимости колес.

Для сокращения времени установки заготовки на пресс № 2 с необходимой точностью, принятой равной ± 1 мм, было предложено оснастить пресс центрователями с обеспечением времени их работы (от момента подачи управляющего электрического сигнала на сведение губок центрователей до момента подачи управляющего электрического сигнала на перемещение траверсы прессы) не более 2 с. При этом требования к точности установки роботом-манипулятором заготовки колеса на пресс № 2 (с точки зрения смещения оси заготовки относительно оси штампов) существенно снижаются. Однако, поскольку выполнение одного цикла работы центрователей требует промежутка времени порядка 2 с, то для желаемого сокращения продолжительности рабочего цикла, выполняемого на прессе № 2, время совместной работы робота-манипулятора и прессы № 2 должно быть сокращено на отрезок времени, превышающий 3,5 ... 4 с.

Возможность такого сокращения указанного промежутка времени путем изменения алгоритма управления роботом-манипулятором была предварительно проверена.

Основу центрователя (Рис. 1) составляет сварной корпус, посредством которого центрователь с использованием болтов крепится к соответствующим колоннам прессы (один центрователь крепится со стороны пультовой ППЛК, а другой с противоположной стороны).

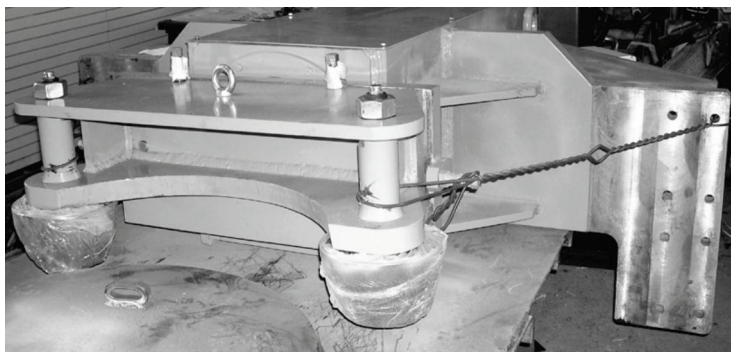


Рис. 1. Центрователь на участке отгрузки готовой продукции ООО «УрИЦ»

В корпусе в направляющих втулках, снабженных направляющими лентами из антифрикционного материала, установлен покрытый хромом со стороны своей внешней рабочей поверхности ползун, выполненный из трубной заготовки, к которому через промежуточную плиту крепится узел роликов, предназначенный для непосредственного взаимодействия с заготовкой и установки ее по оси штампов.

Перемещение ползуна осуществляется с помощью гидроцилиндра, шток которого соединен с ползуном через закрепленную на штоке проушину и удлинитель. Гидроцилиндр оснащен встроенным датчиком перемещения поршня. Корпус гидроцилиндра соединен с корпусом центрователя посредством цапф.

В конструкции центрователя имеется узел, предназначенный для удержания ползуна от проворота относительно корпуса центрователя.

Гидропанель управления центрователем, содержащая в своем составе быстродействующий гидрораспределитель с пропорциональным электрическим управлением, закреплена непосредственно на корпусе центрователя и закрыта защитным кожухом.

При работе ППЛК в режиме автоматического управления команда на начало работы центрователей подается тогда, когда клещи робота-манипулятора, с помощью которого осуществляется перенос заготовки колеса с прессы № 1 на пресс № 2, после установки заготовки на пресс № 2 выходят за пределы зоны работы центрователей.

По указанной команде на вход встроенного электронного блока управления пропорционального гидрораспределителя гидропривода каждого из центрователей с выхода контроллера подается управляющий сигнал, формируемый из условия обеспечения перемещения подвижных звеньев центрователей со скоростью, изменяющейся на начальном этапе движения по трапецидальному закону в соответствии с заданными значениями модуля a ускорений разгона и торможения и максимальной скорости V_{\max} . Торможение подвижных звеньев центрователей начинается при достижении ими определенного положения, соответствующая которому координата $Z_{\text{н.т}}$ вычисляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{н.т}} = Z_{\text{ок}} - \Delta z - \left(v_{\max}^2 - v_{\text{доп}}^2 \right) / (2a),$$

где $z_{ок}$ — координата подвижных звеньев центрователя, соответствующая установке идеальной (с геометрической точки зрения) заготовки колеса с заданным номинальным диаметром соосно штампам прессы;

Δz — принятое максимально возможное смещение оси заготовки колеса относительно оси штампов прессы после установки заготовки на пресс роботом-манипулятором;

$V_{доп}$ — принятая максимально допустимая скорость перемещения подвижных звеньев центрователя при вступлении роликов центрователя во взаимодействие с заготовкой.

При осуществлении торможения подвижных звеньев центрователя из положения с координатой $z_{н.т}$ с модулем ускорения, равным a , скорость их движения снизится от значения V_{max} до значения $V_{доп}$ к моменту времени, когда подвижные звенья центрователя займут положение с координатой z_k :

$$z_k = z_{ок} - \Delta z.$$

На последнем этапе перемещения подвижных звеньев центрователей в направлении оси штампов обеспечивается их синхронное по координате перемещение со скоростью $V_{доп}$. Если для какого-то из центрователей такое движение обеспечить не удастся (из-за большого сопротивления движению, оказываемого заготовкой колеса) даже при открытии на максимальную величину проходного сечения выходного каскада пропорционального гидрораспределителя, управляющего его гидроцилиндром привода, то синхронное по координате перемещение подвижных звеньев центрователей осуществляется за счет снижения скорости движения подвижных звеньев опережающего центрователя.

После вступления роликов обоих центрователей во взаимодействие с заготовкой скорость движения их подвижных частей резко падает до нуля, а давление в поршневых полостях гидроцилиндров привода, контролируемое посредством датчиков давления, возрастает практически до давления питания.

При выполнении вышеуказанных условий формируется команда на разведение центрователей до потери контакта их роликов с заготовкой, а затем (после незначительной задержки по времени) на возвращение

центрователей в исходное положение при трапециидальном законе изменения скорости движения их подвижных звеньев. При этом синхронность движения по координате подвижных звеньев центрователей не контролируется.

После прихода подвижных звеньев обоих центрователей в исходное положение формируется разрешение (по центрователям) на выполнение операции прессования заготовки колеса.

При использовании центрователей затраты времени на установку заготовки на пресс № 2 ППЛК снизились на 2 с при обеспечении стабильной точности позиционирования заготовки ± 1 мм. Высокая точность позиционирования позволяет уменьшить вес заготовки и сократить трудоемкость последующей механической обработки колес.

Для интенсификации охлаждения штампов в ходе проведенной модернизации ППЛК головки охлаждения дополнены кольцевыми коллекторами для подачи охлаждающей воды и воздуха с использованием эффекта воздуховодяного эжектора (Рис. 2), увеличена пропускная способность системы охлаждения, в нее введены насосы, обладающие повышенным напором, при соответствующей замене распределительных устройств. Все это позволило сократить время охлаждения штампов на каждом из прессов до 6 - 8 с и обеспечить необходимую температуру рабочей поверхности штампов перед нанесением на них смазки, что в конечном итоге благоприятно сказывается на стойкости последних.

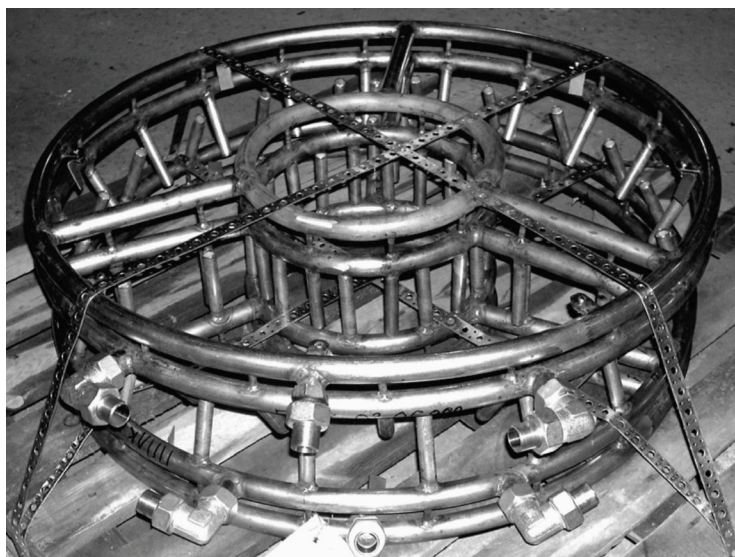


Рис. 2. Кольцевые коллектора к головкам охлаждения и смазки в состоянии отгрузки

Модернизированные манипуляторы охлаждения и смазки штампов прессов № 1, № 2 и № 3 выполнены с гидравлическим приводом (Рис. 3).

Головка охлаждения и смазки штамповой оснастки с установленными на ней дополнительными водяными и воздушными коллекторами крепится к тележке манипулятора, которая перемещается на четырех блоках роликов по рельсовому пути (содержащему два цилиндрических рельса) с помощью гидроцилиндра, оснащенного встроенным датчиком перемещения поршня. Корпус гидроцилиндра привода тележки манипулятора посредством цапф соединен с рамой рельсового пути, а его шток через подшипниковый узел соединен с зубчатым колесом, которое находится в зацеплении с двумя зубчатыми рейками, одна из которых закреплена на тележке, а другая на раме рельсового пути.

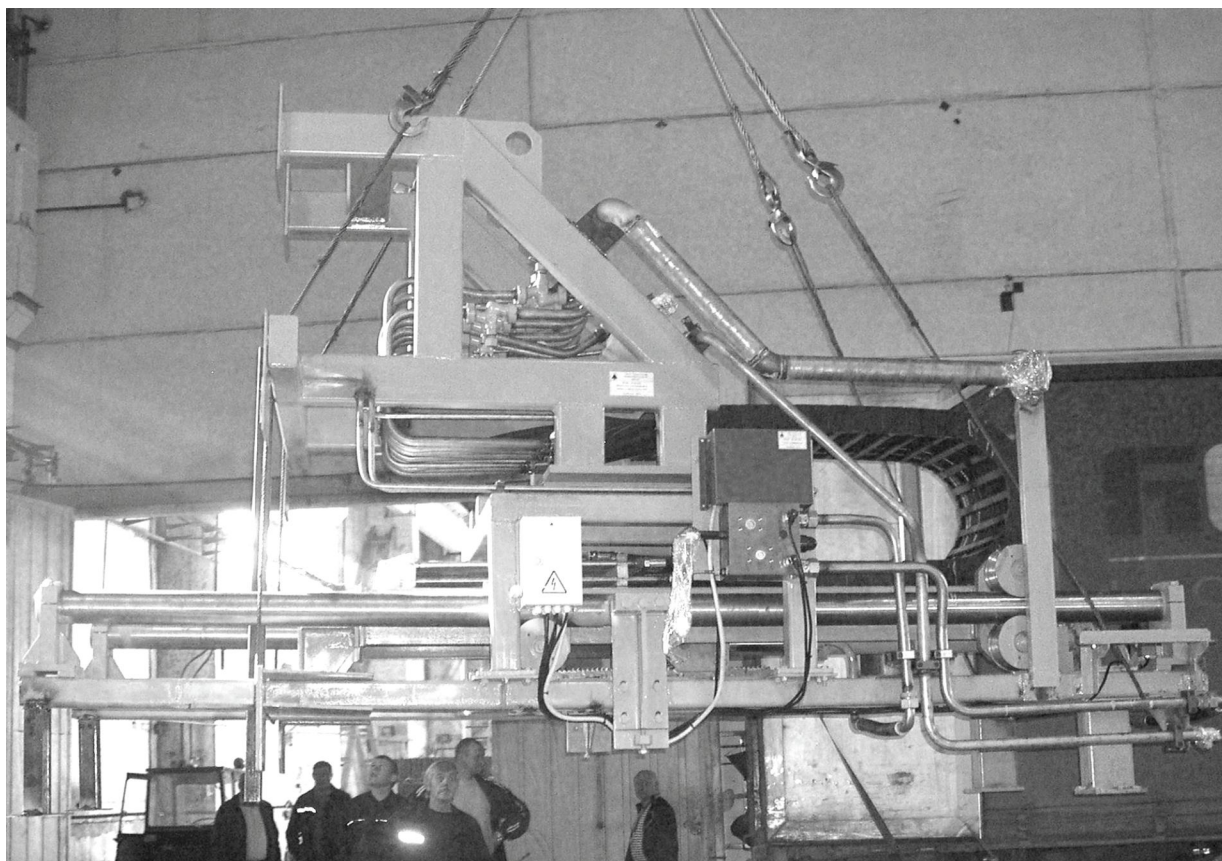


Рис. 3. Отгрузка манипулятора охлаждения и смазки с производственной площадки ООО «УриЦ»

Рама рельсового пути установлена на подставке, которая крепится к фундаменту с использованием анкерных шпилек.

Подвод рабочих сред (охлаждающей воды, воздуха и смазывающей жидкости) к головке охлаждения и смазки с установленными на ней дополнительными водяными и воздушными коллекторами осуществляется через рукава высокого давления, установленные в кабельной (энергетической) цепи. При этом один конец кабельной цепи закреплен на тележке манипулятора, а второй на консоли. Консоль крепится к колоннам прессы и через траверсу соединена с подставкой, что обеспечивает высокую жесткость всех несущих конструкций манипулятора.

Гидропанели управления манипуляторами идентичны гидропанелям управления центрователями.

Использование разработанных и изготовленных ООО «УрИЦ» манипуляторов охлаждения и смазки с гидроприводом позволило сократить общее время перемещения манипулятора с 5 - 6 с до 2 с при обеспечении требуемой точности позиционирования.

В результате проведенной ООО «УрИЦ» модернизации оборудования ППЛК время рабочего цикла на прессе № 2, который ранее был «узким» местом линии, сократилось с 46 - 48 с до 38 с. Это позволяет увеличить производительность всей линии на 15 % и довести ее до расчетного значения: 90 колес в час.