



УДК 62-822

**М.Е. Гойдо, В.В. Бодров,  
Р.М. Багаутдинов, А.А. Важенин**  
ООО «Уральский инжиниринговый центр»  
г. Челябинск, Россия  
E-mail: goido@cheltec.ru  
Дата поступления 02.05.2023

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПРОФИЛЬНОГО ПРЕССА П-8041 СИЛОЙ 12,5 МН

### Аннотация

Приведено описание модернизированной гидросистемы управления горизонтального профильного пресса П-8041 силой 12,5 МН, в которой в качестве рабочей жидкости используется гидравлическое масло. Гидросистема обеспечивает ступенчатое изменение скорости движения выходных звеньев гидроцилиндров, благодаря использованию нескольких нерегулируемых насосов, и непрерывное регулирование скорости, благодаря применению частотно регулируемого электропривода. При работе гидросистемы частично используется потенциальная энергия упругих деформаций, накопленная к концу рабочего хода в рабочей жидкости и в металлоконструкциях пресса, и обеспечивается без применения каких-либо сложных дополнительных устройств качественное (без нарушения сплошности жидкости) наполнение рабочей полости рабочего гидроцилиндра пресс-штемпеля при выдвигании его плунжера с повышенной скоростью с помощью форсирующего гидроцилиндра.

**Ключевые слова:** профилировочный пресс; электрогидравлическая система управления; модернизация; устройство и работа.

### Введение

В 1982 году в новосибирском производственном объединении «Тяжстанкогидропресс» им. А. И. Ефремова был изготовлен в единственном экземпляре специальный горизонтальный гидравлический пресс П-8041 силой 12,5 МН, предназначенный для производства горячим прессованием прямым методом профильных кольцевых и прямолинейных изделий из таких материалов, как сталь, алюминиевые и титановые сплавы.

Для привода пресс-штемпеля указанного пресса используются: один форсирующий, один рабочий и два возвратных гидроцилиндра, — а для привода контейнеродержателя — два прижимных и два возвратных гидроцилиндра. Все перечисленные гидроцилиндры являются плунжерными, и их плунжеры установлены в едином корпусе.

В гидросистеме пресса предусмотрено использование двух видов рабочей жидкости: воды в гидроприводах пресс-штемпеля и контейнеродержателя и гидрав-

лического масла для управления вспомогательными механизмами (загрузчиком заготовок, заталкивателем заготовок в контейнер, инструментальной доской) и клапанными гидрораспределителями гидроприводов пресс-штемпеля и контейнеродержателя. Соответственно, пресс укомплектован насосной установкой небольшой мощности, работающей на гидравлическом масле, и насосно-аккумуляторной станцией (НАС), обеспечивающей гидросистему пресса водой под регулируемым давлением от 7,5 до 32,0 МПа для подачи ее в рабочий гидроцилиндр пресс-штемпеля и водой под практически постоянным давлением 32,0 МПа для подачи ее в форсирующий и возвратные гидроцилиндры пресс-штемпеля и гидроцилиндры привода контейнеродержателя. Выбор максимального давления рабочей жидкости для подачи в рабочий гидроцилиндр пресс-штемпеля определяется диаметром отверстия в контейнере под прессуемую заготовку, установленного в контейнеродержателе, и ограничен прочностными характеристиками используемых при этом пресс-штемпеля и фильтры.

За длительный период эксплуатации пресса гидравлическое оборудование, используемое в составе его гидросистемы и являющееся нестандартным, а также насосы и распределительная гидроаппаратура, входящие в состав НАС, в силу их естественного износа сделали актуальным вопрос об их замене. С учетом же того обстоятельства, что система управления пресса за прошедшие годы морально устарела, принято решение об одновременной модернизации гидросистемы и системы управления пресса.

**Цель модернизации** гидравлической системы и системы управления пресса состоит в повышении их надежности и ремонтпригодности, повышении удобства работы производственного и обслуживающего персонала, снижении потерь энергии, повышении качества продукции, увеличении объема выпускаемой продукции за счёт снижения простоев пресса по причине выхода из строя оборудования.

Выполнение данной работы поручено ООО «Уральский инжиниринговый центр» (г. Челябинск), специалисты которого имеют многолетний опыт осуществления модернизации прессового оборудования [1-7].

### **Основная часть**

Поскольку одной из главных целей модернизации является снижение потерь энергии при работе пресса при минимально возможных затратах на проведение модернизации, то принято решение при реконструкции гидросистемы пресса отказаться от дроссельного способа управления, используемого в случае применения существующего насосно-аккумуляторного гидропривода, и в качестве рабочей жидкости для всех гидроприводов использовать гидравлическое масло.

Выбор в качестве рабочей жидкости масла вместо воды диктуется более низкой стоимостью, большей доступностью (распространенностью) и более продолжительным сроком службы гидрооборудования для масляных гидросистем по сравнению с аналогичным по назначению гидрооборудованием для гидросистем, работающих на воде и водной эмульсии. Следует отметить,

что большинство известных мировых производителей прессов (в частности, таких, как фирмы: PAHNKE, SMS MEER, SIEMPELKAMP, DANIELI) в течение многих лет успешно выпускают мощные прессы с гидросистемами, работающими на масле [8].

При работе пресса существует необходимость обеспечения различных значений скоростей движения пресс-штемпеля и контейнеродержателя в зависимости от выполняемых операций и условий их проведения, и в связи с этим требуются различные значения расхода рабочей жидкости, подаваемой в соответствующие гидроцилиндры.

Как известно, при прочих равных условиях наименьшие потери энергии имеют место при использовании насосного гидропривода с машинным управлением или с управлением приводящим двигателем.

При указанных способах управления давление на выходе насоса определяется текущим значением силы сопротивления на выходном звене гидродвигателя, к которому этим насосом подается рабочая жидкость, и потерями давления в гидролиниях и каналах, по которым двигается жидкость, и в гидродвигатель поступает вся жидкость, подаваемая насосом.

С учетом вышесказанного и требований к значениям скоростей движения пресс-штемпеля и контейнеродержателя в состав насосной установки высокого давления модернизированной гидросистемы пресса включены шесть идентичных нерегулируемых аксиально-поршневых насосов, один из которых снабжен частотно-регулируемым электроприводом (ЧРЭП) (рисунок 1).

Наличие силового насоса с ЧРЭП позволяет плавно регулировать значения скорости движения пресс-штемпеля при выполнении: холостого хода вперед (в направлении контейнеродержателя и инструментальной доски), ходов распрессовки заготовки и выталкивания пресс-шайбы (при выполнении этих операций рабочая жидкость, подаваемая указанным насосом, поступает только в форсирующий гидроцилиндр) и обратного хода, — а также значе-

ния скорости движения контейнеродержателя как в направлении инструментальной доски, так и в обратном направлении во всем предусмотренном техническим заданием диапазоне изменения перечисленных скоростей. Благодаря применению сило-

вого насоса с ЧРЭП обеспечиваются движение пресс-штемпеля с малыми значениями скоростей при выполнении рабочего хода и возможность плавного снижения скорости движения пресс-штемпеля при приближении его к положению, соответствующему заданной координате останова.

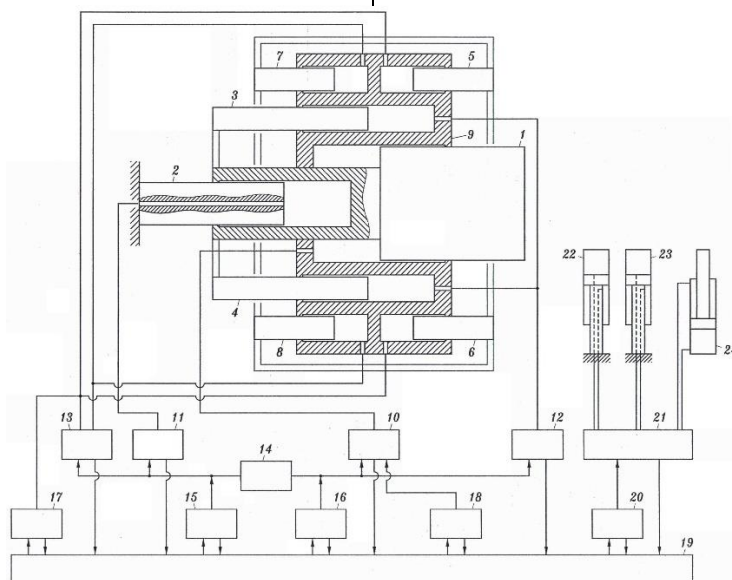


Рисунок 1. Структурная схема модернизированной гидросистемы пресса П-8041:

- 1 — плунжер рабочего гидроцилиндра пресс-штемпеля; 2 — плунжер форсирующего гидроцилиндра пресс-штемпеля; 3, 4 — плунжеры возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля; 5, 6 — плунжеры прижимных гидроцилиндров контейнеродержателя; 7, 8 — плунжеры возвратных гидроцилиндров контейнеродержателя; 9 — корпус блока гидроцилиндров; 10 — гидрораспределитель рабочего гидроцилиндра пресс-штемпеля; 11 — гидрораспределитель форсирующего гидроцилиндра пресс-штемпеля; 12 — гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля; 13 — гидрораспределитель прижимных и возвратных гидроцилиндров контейнеродержателя; 14 — суммирующий гидрораспределитель; 15 — блок силового насоса с частотно регулируемым электроприводом; 16 — блок силовых насосов с приводом от нерегулируемых электродвигателей; 17 — блок насоса поддержания давления прижима контейнеродержателя; 18 — установка фильтрации и охлаждения рабочей жидкости; 19 — гидробак; 20 — блок насосов гидропривода вспомогательных механизмов; 21 — гидропанель управления вспомогательными механизмами; 22 — гидроцилиндр загрузчика заготовок; 23 — гидроцилиндр заталкивателя заготовок; 24 — гидроцилиндр привода инструментальной доски

При повышенных скоростях движения пресс-штемпеля во время выполнения рабочего хода изменение его скорости может осуществляться ступенчато путем перевода части силовых насосов с режима разгрузки в режим работы на нагрузку (для увеличения скорости движения пресс-штемпеля) или наоборот (для уменьшения скорости движения пресс-штемпеля). Указанное изменение режима работы каждого из силовых насосов производится посредством индивидуального предохранительного клапана непрямого действия с электрическим управлением, подключенного своим входным каналом к напорному каналу насоса. При этом канал управления каждого из предохранительных клапанов

посредством дополнительных гидрораспределителей с электромагнитным управлением и нормально закрытым проходным сечением соединен с несколькими управляющими предохранительными клапанами прямого действия, настроенными на различные уровни давления. При указании оператором с пульта управления пресса типа используемого контейнера автоматически управляющий канал предохранительного клапана непрямого действия через открывающееся при этом проходное сечение соответствующего гидрораспределителя соединяется с входным каналом предохранительного клапана, настроенного на давление, соответствующее типу используемого контейнера и выполняемой операции.

Благодаря этому, при использовании насоса для осуществления рабочего хода пресс-штемпеля максимальное давление на его выходе и, соответственно, сила, создаваемая на пресс-штемпеле, ограничиваются на необходимом уровне.

С целью минимизации в процессе работы гидросистемы пресса перетечек рабочей жидкости (гидравлического масла) и сокращения номенклатуры гидроаппаратов, используемых для управления вышеперечисленными гидроцилиндрами привода пресс-штемпеля и контейнеродержателя, в модернизированной гидросистеме прессов предусмотрено применение двухлинейных двухпозиционных клапанов встраиваемого исполнения с электрическим управлением. Такие клапаны выпускаются большинством производителей гидравлического оборудования. С учетом требования высокого качества при приемлемой цене в рассматриваемом случае выбраны клапаны производства компании ATOS (Италия).

Напорный канал каждого из пяти силовых насосов с нерегулируемыми приводящими электродвигателями через индивидуальный обратный клапан соединен с общим напорным коллектором этих насосов. Этот коллектор отделен от напорного коллектора, к которому через обратный клапан подсоединен напорный канал силового насоса с ЧРЭП, посредством клапана типа SCLI, снабженного управляющей крышкой типа LIDBH1C со встроенным логическим элементом «ИЛИ», обеспечивающего герметичное разделение входного и выходного каналов клапана при обесточенном электромагните управления и допускающего движение рабочей жидкости через клапан в любом направлении при подаче на электромагнит управляющего электрического сигнала (см. каталожный лист: Modular cartridge valves type LIDEW\*P and LIDBH\*P: H030-21/E. ATOS. 4 p.). Разделение указанных напорных коллекторов требуется при выполнении холостого хода пресс-штемпеля вперед, ходов распрессовки заготовки и выталкивания пресс-шайбы. При соединении указанных коллекторов появляется возможность использования силового насоса с ЧРЭП при выполнении рабочего и обратного ходов пресс-штемпеля.

Для соединения рабочих полостей прижимных и возвратных гидроцилиндров контейнеродержателя с напорным коллектором используются клапаны типа SCLI, снабженные управляющей крышкой типа LIDBH2C со встроенным логическим элементом «ИЛИ», обеспечивающие герметичное разделение входного и выходного каналов клапана при обесточенном электромагните управления и допускающего движение рабочей жидкости только из входного канала в выходной канал клапана при подаче на электромагнит управляющего электрического сигнала.

Соединение рабочих полостей форсирующего, рабочего и возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля с напорным коллектором выполнено посредством клапана типа SCLI, снабженного управляющей крышкой типа LIDBH1C.

При этом входные каналы напорных клапанов рабочего и возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля соединены с общим напорным коллектором силовых насосов с нерегулируемыми приводящими электродвигателями, а входные каналы напорных клапанов форсирующего гидроцилиндра пресс-штемпеля, прижимных и возвратных гидроцилиндров контейнеродержателя соединены с напорным коллектором силового насоса с ЧРЭП.

Соединение рабочих полостей гидроцилиндров со сливной гидролинией гидросистемы пресса выполнено с использованием клапанов типа SCLI, снабженных управляющей крышкой типа LIDEW1 (для форсирующего и рабочего гидроцилиндров пресс-штемпеля и прижимных гидроцилиндров контейнеродержателя), и клапанов типа SCLI, снабженных управляющей крышкой типа LIMHC (для возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля и прижимных гидроцилиндров контейнеродержателя). Клапаны с управляющей крышкой типа LIMHC являются предохранительными клапанами с электрическим управлением с нормально закрытым проходным сечением и выполняют две функции: сливного клапана при подаче напряжения на их электромагнит управления и предохранительного клапана при обесточенном элек-

тромагните, обеспечивая ограничение максимального давления в рабочих полостях соответствующих гидроцилиндров в случае появления эффекта мультипликации.

Соединение полости рабочего гидроцилиндра пресс-штемпеля со сливной гидролинией выполнено с использованием двух клапанов с управляющей крышкой типа LIDEW1, имеющих разные значения условного прохода. Один из этих клапанов, имеющий меньшее значение условного прохода, служит для разгрузки рабочего гидроцилиндра от высокого давления после завершения рабочего хода пресс-штемпеля и, соответственно, исключения гидравлического удара в сливной гидролинии.

Для частичного использования потенциальной энергии упругих деформаций, накопленной к концу рабочего хода пресса в рабочей жидкости и в металлоконструкциях пресса, алгоритмом управления прессом по окончании рабочего хода предусмотрено закрытие проходного сечения сливного клапана возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля и открытие проходного сечения их напорного клапана после перевода силовых насосов в разгрузочный режим работы (до закрытия проходных сечений напорных клапанов рабочего и форсирующего гидроцилиндров и открытия проходных сечений разгрузочного клапана рабочего гидроцилиндра и сливного клапана форсирующего гидроцилиндра) [9].

При этом разгрузка полостей рабочего и форсирующего гидроцилиндров от давления производится в два этапа. На первом этапе в результате соединения полостей рабочего и форсирующего гидроцилиндров с полостями возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля происходит перетекание рабочей жидкости через открытые проходные сечения напорных клапанов этих гидроцилиндров из рабочих полостей рабочего и форсирующего гидроцилиндров в рабочие полости возвратных гидроцилиндров. В результате давление в рабочем и форсирующем гидроцилиндрах уменьшается, а давление в возвратных гидроцилиндрах увеличивается. Таким образом, на первом этапе разгрузки рабочего и форсирующего гидроцилиндров от давления сразу

происходит преобразование некоторой части потенциальной энергии, накопленной во время рабочего хода вследствие упругих деформаций рабочей жидкости и металлоконструкций пресса, в энергию жидкости, используемую в дальнейшем для выполнения обратного хода пресс-штемпеля.

После выравнивания с заданной погрешностью значений давления в рабочих полостях рабочего, форсирующего и возвратных гидроцилиндров (контроль этих значений давления осуществляют на основании сигналов датчиков давления) указанные полости разобщаются путем закрытия проходных сечений напорных клапанов, и для осуществления второго этапа разгрузки рабочих полостей рабочего и форсирующего гидроцилиндров от высокого давления последние соединяются со сливной гидролинией гидросистемы путем открытия проходных сечений соответствующих сливных клапанов.

В соответствии с вышеизложенным при использовании такого способа управления продолжительность перемещения пресс-штемпеля сокращается на время, необходимое для набора давления в рабочих полостях его возвратных гидроцилиндров и присоединенных к ним трубопроводах перед выполнением обратного хода пресс-штемпеля. Указанный набор давления в рабочих полостях возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля происходит одновременно с первым этапом разгрузки рабочих полостей рабочего и форсирующего гидроцилиндров от высокого давления после окончания рабочего хода и осуществляется за счет части потенциальной энергии, накопленной во время рабочего хода пресс-штемпеля вследствие упругих деформаций жидкости и металлоконструкций пресса.

Для поддержания на необходимом уровне давления в прижимных гидроцилиндрах контейнеродержателя после его перемещения в позицию прессования в составе модернизированной гидросистемы используется дополнительный насос высокого давления с небольшой подачей, напорный канал которого соединен с рабочими полостями прижимных гидроцилиндров через обратный клапан. Если давление прижима находится в установленных пределах,

указанный насос работает в режиме разгрузки.

Гидробак модернизированной гидросистемы укомплектован датчиками уровня и температуры рабочей жидкости, воздушными фильтрами (сапунами), люками для проведения осмотра внутренней поверхности бака и его очистки, шаровыми кранами для слива рабочей жидкости.

Для решения задач поддержания, требуемых температуры и чистоты рабочей жидкости в составе модернизированной гидросистемы, имеется установка кондиционирования (фильтрации и охлаждения) рабочей жидкости, укомплектованная циркуляционными насосами, фильтрами, оснащенными электровизуальными сигнализаторами загрязненности, теплообменным аппаратом с водяным охлаждением, датчиками давления, манометрами, комплектом шаровых кранов и обратных клапанов. В сливном трубопроводе установки кондиционирования установлен обратный клапан, обеспечивающий на своем входе при работе циркуляционных насосов подпор на уровне  $0,3 \div 0,4$  МПа. Входной канал указанного обратного клапана посредством клапана, аналогичного напорному клапану рабочего гидроцилиндра, соединен с выходным каналом напорного клапана рабочего гидроцилиндра и выполняет функцию клапана наполнения.

Существуют различные способы наполнения полости рабочего гидроцилиндра пресса рабочей жидкостью в период выдвижения его плунжера с высокой скоростью в период выполнения холостого хода: 1) с использованием бака наполнения; 2) с помощью дополнительных насосов низкого давления; 3) посредством гидропреобразователя, работающего как мультипликатор расхода и обеспечивающего получение требуемого расхода рабочей жидкости на его выходе (со стороны рабочей полости с большим характерным геометрическим размером) за счет энергии жидкости, поступающей на его вход (со стороны рабочей полости с меньшим характерным геометрическим размером) при меньшем расходе; 4) путем оснащения пресса дополнительными гидроцилиндрами низкого давления [10].

В модернизированной гидросистеме пресса задача наполнения полости рабочего гидроцилиндра при выдвижении его плунжера с высокой скоростью решается без применения каких-либо сложных дополнительных устройств. При холостом ходе прессштемпеля вперед, ходах распрессовки заготовки и выталкивания пресс-шайбы, которые выполняются при подаче рабочей жидкости в форсирующий гидроцилиндр от силового насоса с ЧРЭП, в рабочий гидроцилиндр жидкость поступает от силовых насосов с нерегулируемыми приводящими электродвигателями, которые при этом работают в режиме загрузки при ограничении максимального давления на их выходе на уровне порядка 1,0 МПа, от циркуляционных насосов и из рабочих полостей возвратных гидроцилиндров пресс-штемпеля, благодаря одновременному открытию проходных сечений напорных клапанов рабочего и возвратных гидроцилиндров.

### **Заключение**

В соответствии с вышеизложенным модернизированная электрогидравлическая система пресса П-8041:

- отличается пониженными потерями энергии при работе, поскольку в ней не используется дроссельный способ управления;
- обеспечивает при этом необходимый диапазон скоростей движения пресс-штемпеля и контейнеродержателя в каждом из двух возможных направлений;
- позволяет частично использовать потенциальную энергию упругих деформаций, накопленную к концу рабочего хода в рабочей жидкости и в металлоконструкциях пресса;
- обеспечивает без применения каких-либо сложных дополнительных устройств качественное (без нарушения сплошности жидкости) наполнение рабочей полости рабочего гидроцилиндра при выдвижении его плунжера с использованием форсирующего гидроцилиндра.

### **Библиографический список**

1. Модернизация гидравлической системы радиально-ковочной машины

- усилием 8 МН / Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Гойдо М.Е. и др. // *Металлург*. 2002. № 12. С. 48-50.
2. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Носенко А.А. Режимы работы штамповочного пресса НП-130 с модернизированной электрогидравлической системой управления // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2009. № 3. С. 31-34.
  3. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Серебряков П.Б. Управление подвижной траверсой ковочного пресса в автоматическом режиме работы // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. 2012. № 6. С. 14-19.
  4. Бодров В.В., Багаутдинов Р.М., Батурин А.А., Гойдо М.Е. Опыт модернизации гидроприводов и систем управления прессов // *Индустрия*. 2014. № 2. С. 51-55.
  5. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М. Технические решения для улучшения характеристик работы гидроприводов прессов // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2015. № 4. С. 25-32.
  6. 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.
  7. Бодров В.В., Гойдо М.Е., Опарин С.В., Шляпин Е.А. Использование унифицированных схемных решений при модернизации гидросистем штамповочных прессов // *Metal Russia*. 2020. № 2 (март-апрель). С. 8-10.
  8. Ганс-Йоахим Панке и разработка пресса свободнойковки / Составитель: В. Вестермейер; Под ред. К. Бильхарца. Метцинген (Германия): ВЕПУКО ПАНКЕ ГмбХ, 2012. 53 с.
  9. Гойдо М.Е. О сохранении энергии упругих деформаций при работе гидравлического пресса // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2022. Т. 20, № 2. С. 70-76.
  10. Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М. Способы наполнения рабочих гидроцилиндров гидравлических прессов при выполнении хода приближения // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. 2022. № 2. С. 32-38.

---

*Information about the paper in English*

**M.E. Goydo, V.V. Bodrov, R.M. Bagautdinov, A.A. Vazhenin**  
 Ural Engineering Centre LLC  
 Chelyabinsk, Russia  
 E-mail: goido@cheltec.ru  
 Receipt date: May 02, 2023

AN UPGRADED ELECTROFLUIDIC CONTROL SYSTEM OF 12.5 MN HORIZONTAL  
 EXTRUSION PRESS P-8041

**Abstract**

This paper describes an upgraded hydraulic control system of a 12.5 MN horizontal extrusion press P-8041, which uses hydraulic oil as the working fluid. The hydraulic system ensures a stepwise change in the speed of output arms, due to the use of several fixed pumps, and a continuous speed adjustment, due to the use of a variable-frequency drive. The hydraulic system partially uses the potential energy of elastic strains accumulated at the end of a stroke in the working fluid and in the press structure. Thus, no additional sophisticated devices are needed for the hydraulic cylinder cavity to be filled up with working fluid in a proper way (avoiding discontinuity) when the piston is pushed out at a higher rate by the booster cylinder.

**Keywords:** Extrusion press, electrofluidic control system, upgrade, design and operation

---