

Ф.В. Гречников, Б.С. Малышев, В.А. Михеев, И.П. Попов

Автоматизированный процесс обтяжки крупногабаритных обшивок на прессах РО-630 и РО-1600

На отечественных авиационных заводах для изготовления крупногабаритных обшивок (длина×ширина до 20×3,5 м) длительное время применяются прессы РО-630 и РО-1600, реализующие способ продольной обтяжки (обтяжки с растяжением). Движения рабочих органов этих прессов обеспечены гидроцилиндрами кроме движений кареток и портала, как у прессов РО-3 и РО-3М (рис. 1). Каретки и портал имеют свои индивидуальные электроприводы и на рис. 1 не показаны. При этом зажимные плиты 4 исполнены наклонно, а растяжные цилиндры 6 занимают стационарно горизонтальное положение и имеют питание рабочей жидкостью от индивидуальных насосных станций.

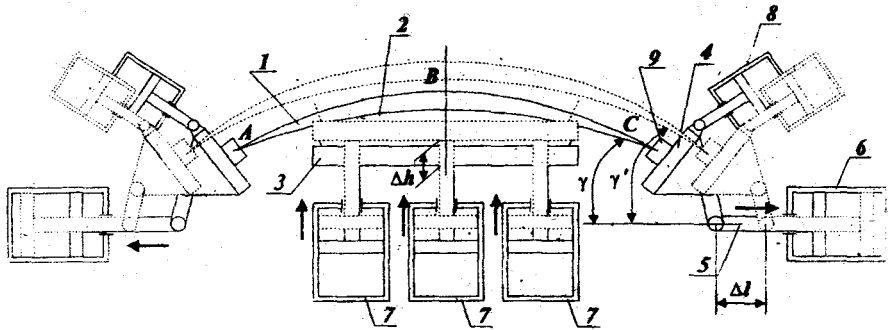


Рис. 1. Схема обтяжки на прессах РО-630 и РО-1600

Последняя конструктивно-кинематическая особенность прессов РО-630 и РО-1600 существенно отличает их от прессов РО-3 и РО-3М. У последних зажимные плиты и растяжные цилиндры поворачиваются вместе и имеют общую насосную станцию. Изменения в конструкции прессов РО-630 и РО-1600 оказало существенное влияние на процесс обтяжки и схему автоматизации, связанную с контролем за перемещением рабочих органов пресса.

Сначала на прессах РО-630 и РО-1600 устанавливается угол продольного облегания γ за счет изгиба заготовки 1 по обтяжному пуансону 2 с помощью гидроцилиндра 8 при повороте зажимной плиты с зажимом 9. Затем, при растяжении заготовки с помощью цилиндров растяжения, перемещение штока 5, горизонтально расположенного растяжного цилиндра с наклоненной зажимной плитой на величину Δl , заданный угол продольного облегания γ уменьшится на величину $\Delta\gamma$ и будет равен углу γ' . На рис. 1 положения обтягиваемой заготовки и гидроцилиндров, соответствующие углу γ' , показаны штриховыми линиями.

Для восстановления угла γ необходим подъем нижнего стола 3 на величину Δh , а затем вновь включаются растяжные цилиндры и т.д. Последовательность включения и работу растяжных цилиндров 6 и цилиндров подъема нижнего стола 7 обеспечивает процесс обтяжки заготовки по обтяжному пуансону.

Горизонтальное расположение растяжных цилиндров и необходимость включения в работу нижнего стола накладывает отпечаток на схему контроля за перемещением штоков силовых цилиндров. В данном случае, удлинение, например, правой части заготовки BC между зажимом прессы и вершиной обтяжного пуансона B (см. рис. 1) при обтяжке связано с перемещением штока растяжного цилиндра Δl и перемещением нижнего стола Δh следующими соотношениями:

$$\Delta L_1 = \frac{\Delta l(\sin \gamma - \sin \gamma')}{\sin(\gamma - \gamma')}; \quad (1)$$

$$\Delta L_2 = \frac{\Delta h(\cos \gamma - \cos \gamma')}{\sin(\gamma - \gamma')};$$

где $\Delta L_1, \Delta L_2$ - удлинение заготовки в результате перемещения правого растяжного цилиндра и нижнего стола.

Удлинение правой части заготовки (аналогично и левой части) при обтяжке определяется суммой приращений ΔL_1 и ΔL_2 :

$$\Delta L = \sum_{i=1}^n \Delta L_1 + \sum_{i=1}^m \Delta L_2; \quad (2)$$

где n, m - соответственно число включений в работу растяжных цилиндров и нижнего стола.

Используя принцип косвенного определения деформаций заготовки при ее обтяжке по перемещениям рабочих органов прессы в работе /1/ ΔL предложено определять из зависимости:

$$\Delta L = \tilde{\epsilon} \cdot L; \quad (3)$$

где $\tilde{\epsilon}$ - среднеинтегральная деформация растяжения;
 L - длина правой (или левой) части заготовки.

$$\tilde{\epsilon} = \frac{\epsilon_0 n}{\gamma \cdot \mu} \left(\exp \frac{\mu \cdot \gamma}{n} - 1 \right); \quad (4)$$

где μ - коэффициент трения;
 n - константа упрочнения;
 ϵ_0 - деформация в поперечном сечении, проходящем через вершину обшивки B .

Деформацию ϵ_0 запишем для обшивок разной формы:

• для двоявыпуклой:

$$\epsilon_0 = \frac{f}{R_2 - f} + \epsilon'_0; \quad (5)$$

для выпукловогнутой:

$$\varepsilon_0 = \frac{f}{R_2} + \varepsilon'_0; \quad (6)$$

где f - прогиб в поперечном сечении, проходящем через вершину B ;
 R_2 - радиус кривизны продольного гребня обшивки ABC в районе вершины B ;
 ε'_0 - калибровочная деформация.

Зависимости (3)-(6) в сочетании с определением предельной деформации $\varepsilon_{\text{пред}}$ в фиксированном опасном месте заготовки позволит получить общее решение деформированного состояния заготовки при обтяжке обшивок любых форм.

При контроле за удлинением заготовки в момент достижения $\varepsilon_{\text{пред}}$ в опасном месте процесс обтяжки необходимо прекратить. В случае обтяжки на прессах РО-630 и РО-1600 контролируется величина перемещения штоков правого и левого растяжного цилиндра. При обтяжке симметричных относительно вершины обтяжного пуансона обшивок (в случае $AB=BC$) перемещение штоков должно быть одинаковым и стабильным, чтобы вершина детали B оставалась неподвижной. При обтяжке несимметричных деталей (в случае $AB \neq BC$) перемещение одного штока должно опережать на определенную величину перемещение другого штока. При этом перемещения должны быть синхронизированы так, чтобы в процессе обтяжки вершина детали B также оставалась неподвижной.

Таким образом, работа на прессах РО-630 и РО-1600 связана с решением следующих задач:

- обеспечение стабилизации продольного угла облегания заготовкой обтяжного пуансона;
- прекращение растяжения при достижении предельных деформаций в опасном месте заготовки;
- создание условий синхронной работы левого и правого растяжных цилиндров, имеющих индивидуальный гидропривод.

Комплексное решение указанных задач выполняется только при автоматическом режиме работы на прессах РО-630 и РО-1600. Однако, эти пресса имеют только ручное управление или правильное: релейно-контакторное.

Известны системы автоматического управления французской фирмы ACB-ALSTHOM, которая изготавливает обтяжные пресса с торговой маркой LOIRE [2]. На основе накопленного опыта эксплуатации прессов на авиационных предприятиях таких компаний, как AEROSPATIALE (Франция), MBB (Германия), BOING (США) и других, фирма ACB создала новую серию обтяжных прессов более совершенной конструкции, чем РО-630 и РО-1600 и оснастила их современными системами автоматического управления (например, пресс для продольной обтяжки типа FEL с системой управления CIMER). В конструкции пресса FEL нижний стол сделан неподвижным. Главное достоинство такой кинематической схемы, обеспечивающей движение зажимной плиты при неподвижном столе - это возможность реализации обтяжки при минимальном количестве управляемых параметров пресса.

В нашей стране альтернативой приобретения новых прессов остается пока модернизация существующих отечественных. Поэтому была предложена система автоматического управления САУ 24/6 АТ2 [3], которая без значительной переделки прессов РО-630 и РО-1600 позволяет реализовать автоматический режим работы.

Авторами статьи на протяжении ряда лет были выполнены приоритетные разработки нового оборудования и модернизация существующих, оснащенных средствами автоматизации [4, 5, 6, 7]. САУ 24/6 АТ2 была разработана группой

специалистов Самарского аэрокосмического университета и Самарского авиационного завода для Ульяновского Авиакомплекса. На рис. 2 приведены основные элементы пресса РО-630, его рабочие органы, элементы и блоки системы автоматического управления. Ряд элементов и блоков, приведенных на рис. 2, в частности 10, 11, 12, 13, 14 являются условными. Их функции выполняет единый блок – встроенный микропроцессор МП и блок релейно-контакторного управления.

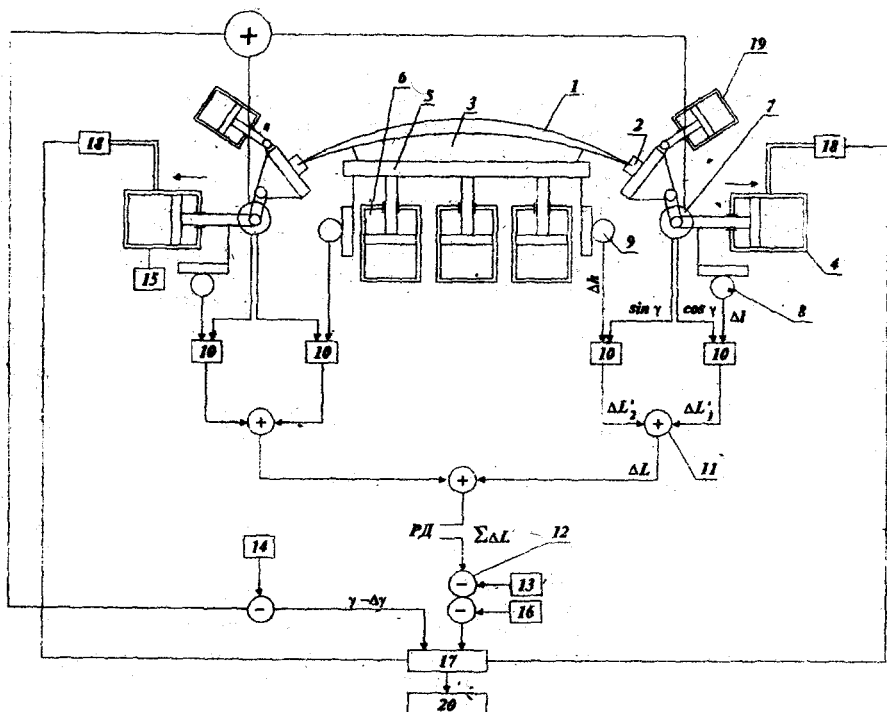


Рис. 2. Блок-схема системы автоуправления для прессов типа РО-630:

1 - заготовка; 2 - зажимы пресса; 3 - обтяжной пуансон; 4 - растяжные цилиндры; 5 - стол пресса; 6 - цилиндры привода стола пресса; 7, 8 - датчики углов поворота и перемещения зажимов; 9 - датчики перемещения стола; 10 - электронные преобразователи; 11 - сумматоры; 12 - элементы сравнения; 13, 14 - задающие устройства деформаций и углов; 15 - реле давления; 16 - задающее устройство коэффициента синхронизации; 17 - блок управления работой растяжных цилиндров; 18 - управляемые золотники; 19 - цилиндр поворота; 20 - пульт управления

Программное обеспечение САУ 24/6 АТ2 реализовано на языке АССЕМБЛЕР микропроцессора МП КР580, который выполняет:

- синхронную, по заданной программе, работу растяжных цилиндров 4, имеющих индивидуальный гидропривод, с целью предотвращения односторонних перемещений заготовки 1 по обтяжному пуансону 3. Это достигается путем

включения управляемых золотников 18, встроенных в гидросистемы наполнения растяжных цилиндров. Синхронизация осуществляется при заданном коэффициенте синхронизации в устройстве 16;

- стабилизацию заданного продольного угла облегания заготовкой обтяжного пуансона. Это достигается путем поочередного включения в работу растяжных цилиндров 4 (угол γ уменьшается) и цилиндров 6 привода стола пресса 5 (угол γ увеличивается). Переключение цилиндров осуществляется по программе в зависимости от величины перемещения штоков растяжных цилиндров;

- прекращение процесса обтяжки при достижении на левой или правой от вершины частях заготовки фактического перемещения ее концов ($\Delta L_{лев}$ или $\Delta L_{прав}$) значения предельно допустимой величины $\epsilon_{пред}$, заданные устройством 13.

Информация о фактических перемещениях концов заготовки $\Delta L_{лев}$ и $\Delta L_{прав}$ формируется на основании данных, поступающих с датчиков 7, 8, 9. Программное обеспечение САУ 24/6 АТ2 имеет модульную схему и работает под управлением программы МОНИТОР, в функции которой входят:

- поддержка диалога с оператором при определении режима работы;
- настройка функциональных модулей пресса в соответствии с введенными исходными данными;
- запуск функциональных модулей пресса.

Структурная схема программного обеспечения приведена на рис. 3, в которую входят управляющая программа МОНИТОР, набор функциональных модулей, вспомогательные таблицы МОНИТОРа и библиотека стандартных подпрограмм. Объем памяти ПЗУ МП позволяет держать алгоритмы управления по всей номенклатуре обшивок.

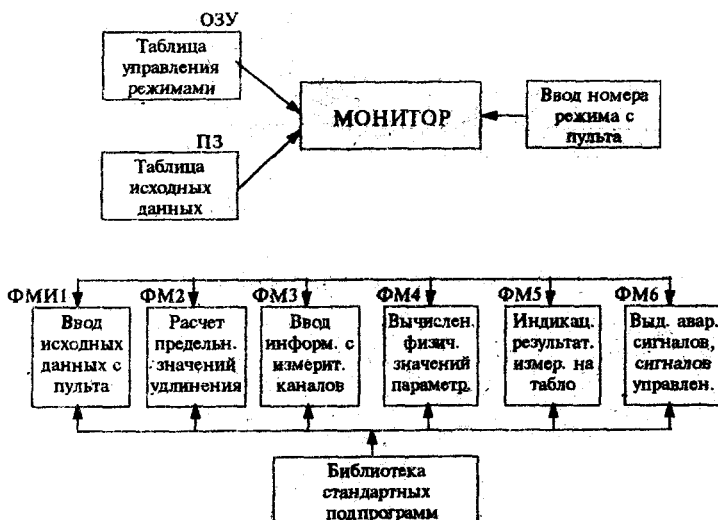


Рис. 3. Структурная схема программного обеспечения САУ 24/6 АТ2

В настоящее время в рамках договора разрабатывается вариант системы автоматического управления с контроллером серии SMART фирмы PEP Modular Computers. Это относительно недорогой программируемый логических контроллер,

который может выполнять все вышеперечисленные функции управления прессами PO-630 и PO-1600. SMART имеет интерфейс промышленной сети PROFIBUS, что позволяет интегрировать в единую систему обтяжной пресс, контроллер и вычислительные средства с элементами связи процессов, передачи и мультипрограммирования. PROFIBUS обеспечивает не только коммуникации ввода/вывода, но также передачу файлов и возможность дистанционной загрузки и отладки.

В частности, система управления SIMEP построена на основе контроллера серии VME RACK. Это самый мощный среди контроллеров фирмы PEP.

Уровневая структура такой системы показана на рис. 4. В качестве средств системы на рис. 4 показаны: персональный компьютер модели PENTIUM 120, программируемые логические контроллеры серии SMART и промышленная интерфейсная сеть PROFIBUS. Последние полностью вошли в спецификацию европейского стандарта фирмы PEP Modular Computers. Система на основе SMART полностью поддерживают функции позиционного сервоуправления силовыми цилиндрами обтяжного оборудования с помощью датчиков обратной связи, обеспечивая их синхронную работу по программе. В результате обеспечивается высокая и устойчивая воспроизводимость движений рабочих органов на прессе и, как следствие, высокое качество изготавливаемых обшивок.

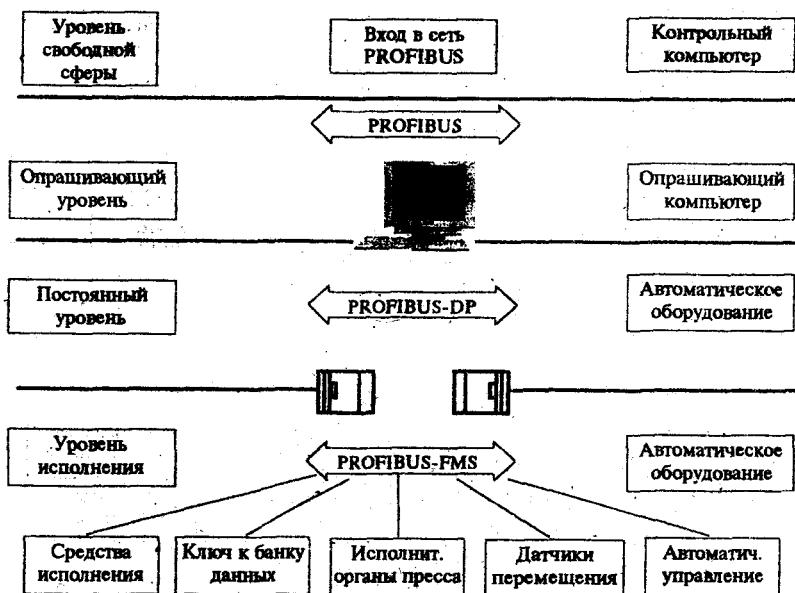


Рис. 4. Уровневая структура системы с контроллером SMART

Предложенный вариант САУ с контроллером SMART легко вписывается в систему автоматизированного проектирования техпроцесса обтяжки, что позволит сформировать математические модели поверхности обшивок, оптимального техпроцесса и использовать их для разработки управляющих программ обтяжного оборудования, а также для изготовления обтяжных пуансонов.

В целом система решает проблему получения крупногабаритных обшивок на автоматизированном оборудовании и не зависит от субъективных факторов: квалификации исполнителей, участвующих в подготовке и в самом техпроцессе формирования обшивок.

Список литературы

1. Чистяков В.П. Автоматизация процессов обтяжки. - Куйбышев.: Куйбышевский авиационный институт, 1981. с.16-24.
2. LOIRE PRESSES SEMINAR Металлоформовочные прессы LOIRE компании ACB. - М.: Каталог, 1994.
3. А.е. №1738426 (СССР) Растяжно-обтяжной пресс / В.П. Чистяков, В.А. Михеев и др. - Оpubл. В Б.И., 1992, №21.
4. А.с. №538764 (СССР) Растяжно-обтяжной пресс / В.П. Чистяков и др. - Оpubл. В Б.И., 1976, №46.
5. А.с. №776707 (СССР) Способ контроля за деформациями при обтяжке деталей двойной кривизны / В.П. Чистяков и др. - Оpubл. В Б.И., 1980, №41.
6. А.с. №940411 (СССР) Способ контроля деформации удлинения / В.П. Чистяков и др. - Оpubл. В Б.И., 1982, № ДСП.
7. А.с. №87891 (СССР) Устройство для контроля удлинения на обтяжных прессах / В.П. Чистяков и др. - Оpubл. В Б.И., 1981, №41.