

УДК 621.83

**ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ПРОЦЕССОМ И  
ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ СЦЕПЛЕНИЯ**

**Богомолв В.А., профессор, док. техн. наук,  
Клименко В.И., профессор, канд. техн. наук,  
Михалевич Н.Г., доцент, канд. техн. наук,  
Ярита А.А., аспирант**

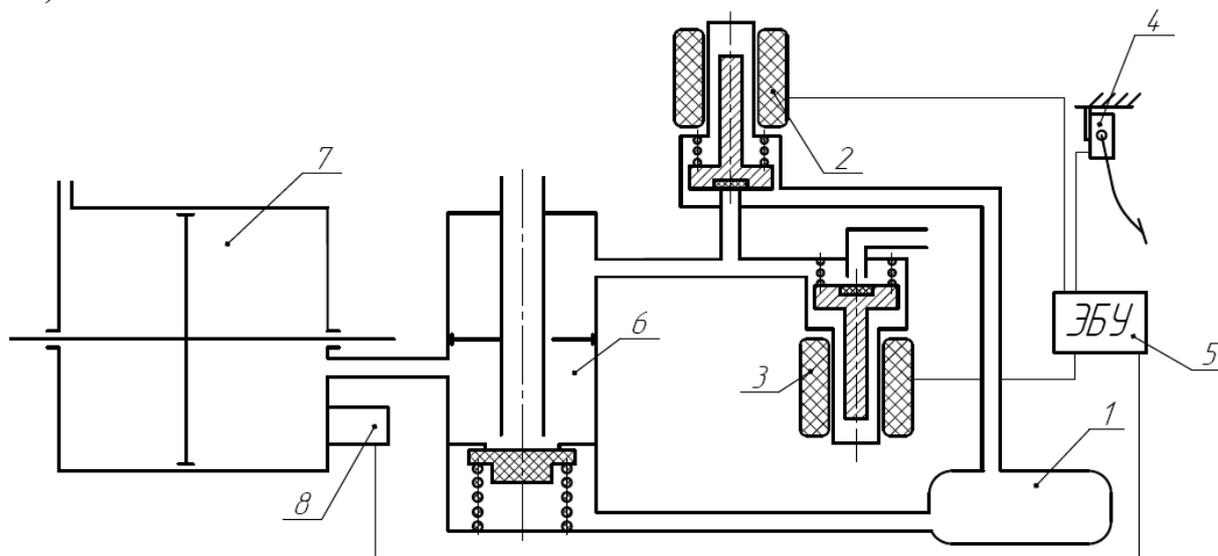
*(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)*

*Работа посвящена выбору способа управления и построению алгоритма управления рабочим процессом электропневматического привода сцепления (ЭППС) на основе анализа результатов предварительных экспериментальных исследований. Поскольку привод управления сцеплением должен обеспечивать стабильную работу механизма сцепления при различных управляющих воздействиях со стороны водителя, алгоритм управления должен охватывать все возможные режимы его работы. Предложен алгоритм работы системы управления электропневматическим приводом сцепления, который базируется на трехпозиционном законе управления.*

На работу системы управления существенное влияние оказывает выбор способа и алгоритма управления. Для любой системы управления, в частности

системы управления работой сцепления, наиболее важным является вопрос управления, а алгоритм это ключевая составляющая процесса управления. Алгоритмом называется преемственная последовательность действий, выполнение которой позволяет достичь определенных целей [1].

Для выбора оптимального способа управления был проведен ряд экспериментальных исследований разрабатываемой конструкции ЭПС (рис. 1), в ходе которых управляющий сигнал на электропневматические клапаны подавался сначала непрерывно, а затем в форме широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

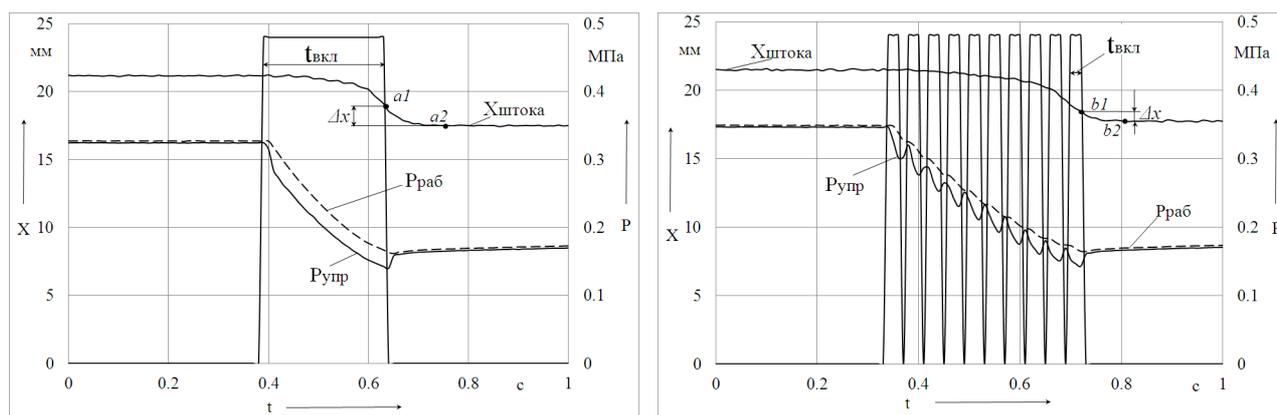


1 – ресивер; 2 – впускной электропневмоклапан; 3 – выпускной электропневмоклапан; 4 – электронный педальный модуль; 5 – электронный блок управления; 6 – ускорительный клапан; 7 – исполнительный силовой механизм; 8 – датчик положения штока.

Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментального ЭПС

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований [2] можно проследить положительное влияние применения ШИМ, при управлении электропневматическими клапанами, на точность позиционирования штока исполнительного механизма 7 (см. рис. 1).

В случае подачи напряжения на клапан в виде непрерывного сигнала (рис. 2 а) наблюдается значительное инерционное перемещение штока исполнительного механизма. В соответствии с осциллограммой, приведенной на рис. 2 а, идеальным выглядит случай остановки штока исполнительного механизма в точке *a1*, непосредственно в момент закрытия электропневматического клапана. Но результаты эксперимента показывают, что после закрытия клапана шток продолжает перемещаться на расстояние  $\Delta x$ , которое, для данного случая, составляет около 45% от общего перемещения.



а) включение сцепления без ШИМ

б) включение сцепления с ШИМ

$P_{упр}$  – давление в управляющей полости ускорительного клапана;  $P_{раб}$  – давление в полости силового цилиндра;  $X_{штока}$  – перемещение штока силового цилиндра;  $t_{вкл}$  – время подачи напряжения на электропневмоклапан.

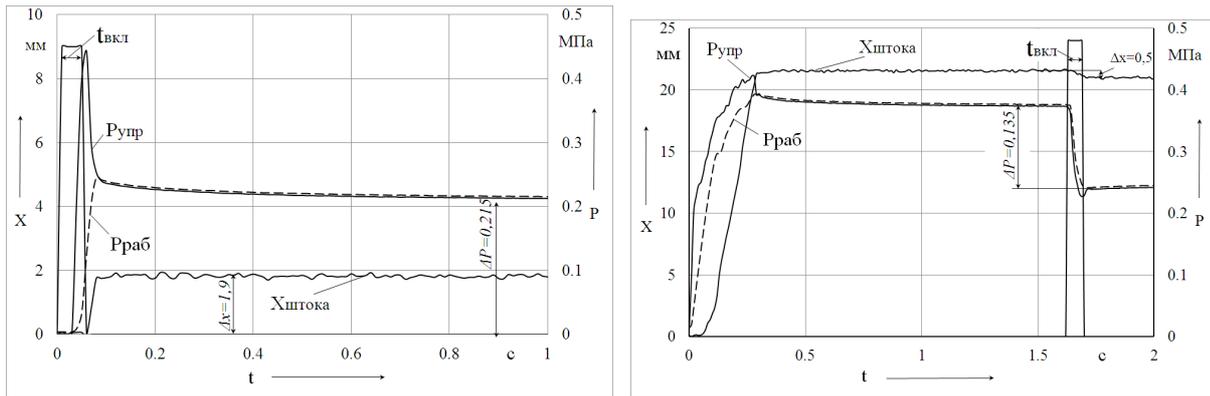
Рис. 2. Реализация различных способов управления электропневмоклапаном

В случае применения для управления электропневматическим клапаном ШИМ (рис. 2 б) наблюдается небольшое увеличение продолжительности процесса перемещения штока исполнительного механизма, но при этом также следует отметить гораздо более точное его позиционирование. В случае прекращения подачи напряжения на электропневмоклапан в точке  $b1$  прослеживается инерционное движение штока до точки  $b2$ , величина этого перемещения составляет лишь около 10%.

Анализ проведенных исследований подтвердил целесообразность применение ШИМ для управления электропневматическими клапанами. Дальнейшее построение алгоритма управление ЭПНС вплотную связано с выбором оптимальных параметров широтно-импульсной модуляции.

Как известно [3], большое количество применяемых подвижных резиновых уплотнений увеличивает трение при перемещении деталей, что приводит к появлению значительной петли гистерезиса на статической характеристике привода и ухудшает его чувствительность. Поскольку в конструкции исполнительного механизма экспериментального ЭПНС присутствуют подвижные резиновые уплотнения, перед построением алгоритма работы системы управления необходимо определить степень влияния гистерезиса на работу привода.

Как показали результаты экспериментальных исследований (рис. 3) при наполнении силового цилиндра нарастание давления в штоковой полости до 0,215 МПа приводит к перемещению штока на величину менее 2 мм, что соизмеримо с выбором зазоров в приводе (рис. 3 а). Также следует отметить, что при опорожнении штоковой полости силового цилиндра сброс давления на 0,135 МПа приводит к перемещению штока менее чем на 1 мм (рис. 3 б).



а) наполнение силового цилиндра б) опорожнение силового цилиндра  
 Рисунок 3. Экспериментальное подтверждение наличия гистерезиса

Учитывая результаты экспериментальных исследований, было решено процессы включения и выключения сцепления разбить каждый на две фазы, на которых параметры ШИМ будут разные (рис. 4).

Параметры ШИМ в фазе 1 (Ф1) (рис. 4) и фазе 3 (Ф3) выбираются с учетом необходимости преодоления гистерезиса в механизме при включении и выключении сцепления соответственно. Продолжительность импульса  $impulst1$  в Ф1 предлагается рассчитывать в зависимости от текущего положения штока, продолжительность  $impulst3$  – в зависимости от скорости перемещения педали сцепления. В фазах 1 и 3 предлагается управление осуществлять за счет изменения продолжительности импульсов, продолжительность пауз  $pauset1$  и  $pauset3$  выбираем минимальной с точки зрения технической характеристики электропневмоклапанов.

Соответственно фазы 2 (Ф2) и 4 (Ф4) (рис. 4) необходимы для позиционирования штока исполнительного механизма. Продолжительность  $impulst2$  предлагается рассчитывать в зависимости от скорости перемещения педали сцепления, при этом время  $pauset2$  задавать минимальным. В процессе выключения сцепления  $impulst4$  предлагается задавать минимальным, а управлять изменением продолжительности паузы  $pauset4$  в зависимости от скорости перемещения педали.

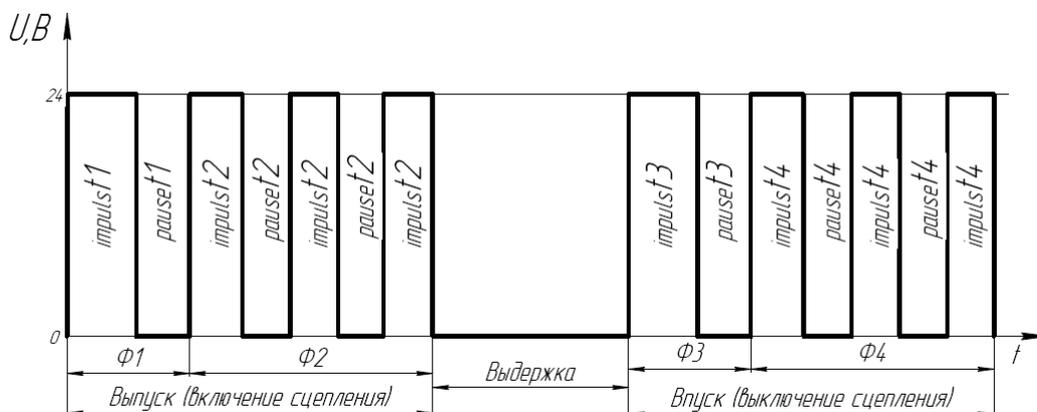
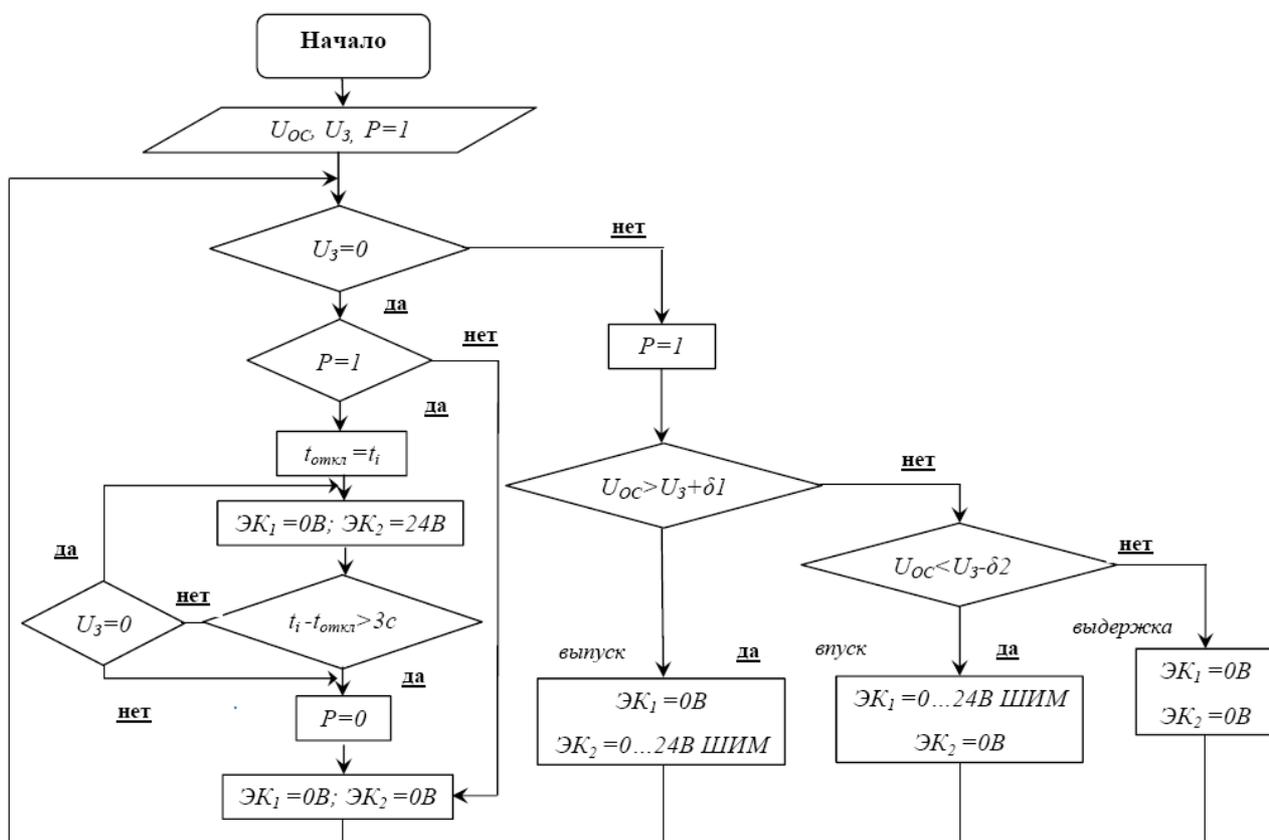


Рисунок 4. Фазы работы системы управления ЭППС

С учетом анализа литературных источников и ранее проведенных экспериментальных исследований работу системы управления ЭПС строим на основе трехпозиционного алгоритма (рис. 5).



$U_{oc}$  – сигнал от датчика положения штока;  $U_3$  – сигнал от датчика положения педали;  $P$  – показатель порядка расчета определенной ветви алгоритма;  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – пределы соответственно верхней и нижней зоны нечувствительности датчика положения штока;  $\mathcal{E}K_1$  – впускной электропневмоклапан;  $\mathcal{E}K_2$  – выпускной электропневмоклапан;  $t_{откл}$  – момент времени, когда педаль заняла исходное положение;  $t_i$  – текущее время.

Рисунок 5. Алгоритм работы системы автоматизированного управления

Работа предложенного алгоритма автоматизированного управления основана на постоянном сравнении сигналов  $U_3$  и  $U_{oc}$ , поступающих от датчика положения педали сцепления и датчика положения штока соответственно. Алгоритм учитывает четыре наиболее вероятные варианта работы:

- состояние покоя ( $U_3=0$ );
- выпуск ( $U_{oc} > U_3 + \delta_1$ );
- впуск ( $U_{oc} < U_3 - \delta_2$ );
- выдержка ( $U_3 + \delta_1 > U_{oc} > U_3 - \delta_2$ ).

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что использование широтно-импульсной модуляции при управлении ЭПС обеспечивает хорошее следящее действие в приводе. Наличие гистерезиса в исполнительном механизме привода подчеркивает необходимость применения

различных параметров ШИМ на разных этапах работы привода. Выбор оптимальных параметров ШИМ можно производить на основе результатов экспериментальных исследований или математического моделирования работы электропневматического привода сцепления.

### Список литературы

1. Красюк А.Н. Совершенствование электронно-пневматической тормозной системы автотранспортных средств: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.22.02 / Красюк Александр Николаевич – Харьков, 2011 – 188 с.
2. Богомоллов В.А. Пути повышения быстродействия исполнительного механизма электропневматического привода сцепления автомобилей / Богомоллов В.А., Клименко В.И., Михалевич Н.Г., Ярита А.А.// Вісник СевНТУ, серія Машиноприладобудування та транспорт– Севастополь: СевНТУ. – 2013. Вип. №142.– С.73 – 75.
3. Логвинов В.П. Разработка и исследование пневмогидравлического усилителя привода управления сцеплением большегрузного автомобиля: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.02/ Валерий Павлович Логвинов. – Х., 2001. – 221с.

### Анотація

#### **ВИБІР СПОСОБУ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ ПРОЦЕСОМ ТА ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИМ ПРИВОДОМ ЗЧЕПЛЕННЯ**

Богомоллов В.О., Клименко В.И., Михалевич М.Г., Ярита О.О.

*Робота присвячена вибору способу керування та побудові алгоритму керування робочим процесом електропневматичного привода зчеплення на підставі аналізу результатів попередніх експериментальних досліджень. Оскільки привод зчеплення повинен забезпечувати стабільну роботу механізму зчеплення при різноманітних керуючих діях з боку водія, алгоритм керування повинен охоплювати всі можливі режими його роботи. Запропоновано алгоритм роботи системи керування зчепленням, який базується на трьохпозиційному законі керування.*

### Abstract

#### **METHOD CHOICE OF THE WORKFLOW MANAGEMENT AND ALGORITHM DEVELOPMENT FOR ELECTROPNEUMATIC CLUTCH ACTUATOR CONTROL**

V. Bogomolov, V. Klimenko, N. Mikhalevich, A. Yaryta.

*The given work deals with the method choice of the workflow management and algorithm development for electro-pneumatic clutch actuator control on the basis of analysis of results of preliminary experimental studies. Since the clutch control drive*