

tions. On the basis of the modified technique using kinematic graphs the synthesis is carried out and new theoretically informed decision on the establishment of an elastic rotary support of swing of rotor blade based on a flexible coupling with mechanical feedback is proposed. It is shown that synthetic device is obtained on the basis of multiple solutions for different combinations of additional mechanical structures in the form of ordinary and planetary gears. It is found that the results obtained by a particular solution can be used with other existing devices to improve their functionality.

Keywords: elastic rotatable support, swing of rotor blade, synthesis, modified kinematic graph.

Рецензент д-р. техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Дашенко О.Ф.

Надійшла до редакції 25 квітня 2014 р.

УДК 621.83:631.587.357

А.А. Ярита, магістр, Харьк. нац. автомоб.-дорож. ун-т

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

Введение. Процесс управления сцеплением — неотъемлемая часть процесса управления автомобилем, которая значительно влияет на условия работы водителя. Одним из основных путей усовершенствования приводов сцепления является использование различных усилителей, применение новых источников энергии. Последним этапом в развитии автомобилестроения стало внедрение электрогидравлических и электропневматических приводов сцепления, что позволило еще больше облегчить работу водителя и улучшить процесс компоновки элементов трансмиссии транспортных средств.

Анализ последних исследований и публикаций. Системы управления электропневматических приводов сцепления чаще всего работают за счет электропневматических клапанов (одного, двух и т.д.) или шаговых электродвигателей [1, 2]. Основными факторами, по которым оценивают эффективность работы привода сцепления, являются его быстродействие и точность позиционирования штока исполнительного механизма, в зависимости от управляющих воздействий. Также регламентируется усилие на педали сцепления и величина ее хода [3, 4].

В литературных источниках упоминаются показатели быстродействия привода при выключении сцепления в пределах 0,15...0,25 с [5], имеется ввиду время, за которое сцепление гарантировано выключается, независимо от частоты вращения двигателя. При этом не акцентируется внимание на степени износа самого механизма сцепления.

Целью работы является определение влияния износа фрикционных накладок механизма сцепления на быстродействие электропневматического привода сцепления (ЭППС) на основе анализа экспериментальных исследований.

Изложение основного материала. Влияние износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления на быстродействие привода четко просматривается, если рассматривать его с учетом кинематики привода, передаточных чисел отдельных элементов. Двухдисковое сцепление грузового автомобиля (рис. 1) имеет два ведомых диска 1, соответственно четыре пары трения.

DOI: 10.15276/opus.1.43.2014.08

© А.А. Ярита, 2014

При постепенном износе фрикционных накладок нажимной диск 2 приближается к маховику 3. Через отжимной рычаг 4 это приводит к смещению выжимного подшипника 5 вправо, поршень исполнительного механизма привода выключения сцепления 6 при этом перемещается влево, относительно своего корпуса 7 под действием вилки выключения сцепления 8. Изменение исходного положения поршня 6 приводит к постепенному уменьшению начального объема V_0 силовой полости исполнительного механизма привода выключения сцепления.

Величина перемещения поршня исполнительного механизма $\Delta X_{\text{порш}}$ при износе фрикционных накладок на 1 мм

$$\Delta X_{\text{порш}} = 4\Delta X i_{\text{ор}} i_{\text{в}} = 4 \cdot 1 \cdot 4,85 \cdot 1,6 \approx 31 \text{ мм} , \quad (1)$$

где ΔX — величина износа одной фрикционной накладки, мм;

$i_{\text{ор}}$ — передаточное число отжимного рычага механизма сцепления;

$i_{\text{в}}$ — передаточное число вилки выключения сцепления.

Из (1) получаем, что износ каждой фрикционной накладки на 1 мм приведет к перемещению поршня исполнительного механизма привода сцепления на 31 мм.

Для проверки влияния износа фрикционных накладок сцепления на быстродействие ЭППС создан экспериментальный стенд (рис. 2).

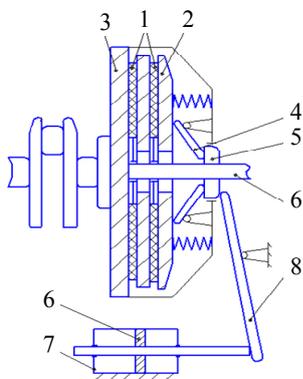


Рис. 1. Принципиальная схема привода сцепления

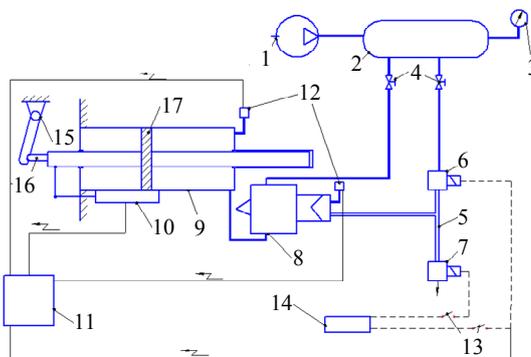


Рис. 2. Схема экспериментального стенда: 1 — компрессор, 2 — ресивер, 3 — манометр, 4 — кран, 5 — тройник, 6 — впускной клапан, 7 — выпускной клапан, 8 — ускорительный клапан, 9 — исполнительный механизм, 10 — датчик положения штока, 11 — измерительный комплекс, 12 — датчик давления, 13 — выключатель, 14 — блок питания, 15 — вилка выключения сцепления, 16 — толкатель, 17 — поршень исполнительного механизма ЭППС

Данный экспериментальный стенд позволяет записать в виде осциллограммы процесс перемещения штока исполнительного механизма при выключении сцепления, нарастание давления в силовой полости исполнительного механизма ЭППС и в управляющей полости ускорительного клапана, момент подачи напряжения на электропневматические клапаны. В качестве исполнительного механизма ЭППС использовалась конструкция, разработанная в Харьк. нац. автомоб.-дорож. ун-те.

Для имитации износа механизма сцепления толкатель 16 был сделан разрезным, изменение его длины позволяло менять начальное положение поршня 17 исполнительного механизма ЭППС относительно его корпуса.

Для имитации нового механизма сцепления поршень исполнительного механизма был помещен в положение $X_{\text{порш}} = 4$ см. При этом начальный объем $V_{0\text{max}}$ полости исполнительного механизма определяется как

$$V_{0\text{max}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} X_{\text{порш}} = \frac{3,14(10^2 - 2,5^2)}{4} 4 = 294,4 \text{ см}^3,$$

где D — диаметр поршня исполнительного механизма, см;

d — диаметр штока исполнительного механизма, см.

Как видно из осциллограммы (рис. 3) при новом механизме сцепления и давлении воздуха в приводе 0,75 МПа процесс выключения сцепления занимает 0,165 с, время включения в этом случае составляет 0,275 с.

Соответственно для имитации изношенного механизма сцепления поршень помещен в положение $X_{\text{порш}} = 1$ см, при этом начальный объем полости $V_{0\text{min}}$ составил

$$V_{0\text{min}} = \frac{3,14(10^2 - 2,5^2)}{4} 1 = 73,5 \text{ см}^2.$$

При износе фрикционных накладок ведомого диска сцепления на 1 мм начальный объем полости V_0 исполнительного механизма ЭППС уменьшился в четыре раза. Это привело к повышению быстродействия привода до 0,15с при выключении сцепления и до 0,24с при его включении (рис. 4).

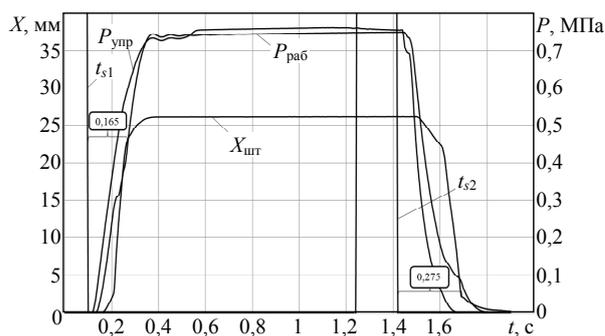


Рис. 3. Рабочий процесс исполнительного механизма ЭППС с новыми фрикционными накладками сцепления: $P_{\text{раб}}$ — давление в силовой полости исполнительного механизма, МПа; $P_{\text{упр}}$ — давление в управляющей полости ускорительного клапана, МПа; $X_{\text{штт}}$ — перемещение штока исполнительного механизма, мм; t_{s1} — момент подачи напряжения на впускной электромагнитный клапан, с; t_{s2} — момент подачи напряжения на выпускной электромагнитный клапан, с

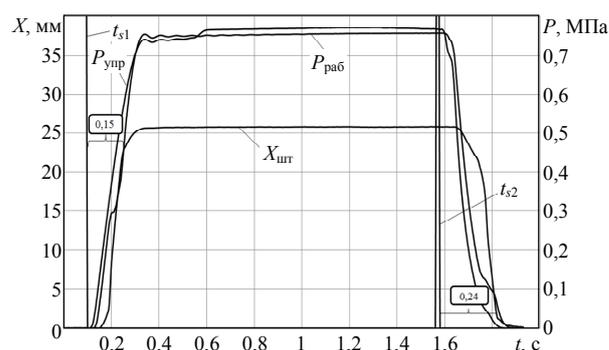


Рис. 4. Рабочий процесс исполнительного механизма ЭППС с изношенными фрикционными накладками сцепления: $P_{\text{раб}}$ — давление в силовой полости исполнительного механизма, МПа; $P_{\text{упр}}$ — давление в управляющей полости ускорительного клапана, МПа; $X_{\text{штт}}$ — перемещение штока исполнительного механизма, мм; t_{s1} — момент подачи напряжения на впускной электромагнитный клапан, с; t_{s2} — момент подачи напряжения на выпускной электромагнитный клапан, с

Результаты. Поскольку целью работы являлось исследование быстродействия, в ходе проведения эксперимента имитировалось резкое выключение и включение сцепления, без учета работы системы управления. Для большей достоверности результатов каждый эксперимент повторялся пять раз. Замеры производились при давлении 0,75, 0,7, 0,6, 0,5 и 0,4 МПа. Поскольку погрешность в экспериментах составила менее 5 %, далее в таблице приводятся только усредненные показатели.

Результаты экспериментальных исследований

Давление воздуха, МПа	Выключение сцепления			Включение сцепления		
	$V_{0\text{min}}=73,5\text{см}^3$	$V_{0\text{max}}=294,4\text{см}^3$	$\Delta t, \%$	$V_{0\text{min}}=73,5\text{см}^3$	$V_{0\text{max}}=294,4\text{см}^3$	$\Delta t, \%$
0,75	0,15	0,165	10	0,24	0,275	14,6
0,7	0,155	0,167	7,7	0,235	0,265	12,8
0,6	0,165	0,185	12,1	0,22	0,255	15,9
0,5	0,18	0,2	11,1	0,2	0,235	17,5
0,4	0,22	0,235	6,8	0,185	0,21	13,5

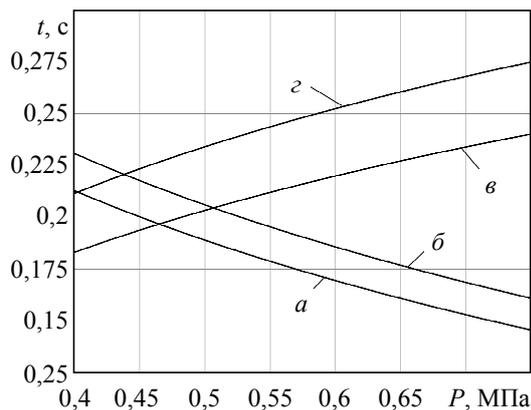


Рис. 5. Залежність швидкодіяння привода сцеплення від стану фрикційних накладок і тиску повітря: процес вимкнення сцеплення з изношеними фрикційними накладками (а); процес вимкнення сцеплення з новими фрикційними накладками (б); процес включення сцеплення з новими фрикційними накладками (в); процес включення сцеплення з изношеними фрикційними накладками (г)

приводам сцеплень [3, 5], незалежно від стану фрикційних накладок ведомого диска механізму сцеплення.

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що при зменшенні початкового об'єму силової порожнини V_0 виконавчого механізму ЕППС швидкодіяння привода зростає в середньому на 9,5 % при вимкненні сцеплення і на 15 % при його включенні. Також чітко прослідковується вплив тиску повітря на роботу привода: з зменшенням тиску час вимкнення сцеплення зростає, а час включення навпаки зменшується, незалежно від початкового об'єму порожнини (рис. 5).

Висновки. Отримані результати цілесообразно враховувати при проектуванні виконавчих механізмів приводів сцеплення, використовують як джерело енергії стиснутий повітря. Це дозволить отримати конструкцію, яка протягом всього терміну служби буде відповідати основним вимогам, пред'являемым к

Литература

1. Захарик, Ю.М. Виконавчі механізми сцеплення з електронним управлінням [Текст] / Ю.М. Захарик // Автомобільна промисловість. — 2003. — № 9. — С. 28 — 30.
2. Захарик, Ю.М. Шагові двигачі і системи управління сцепленнями автомобілів [Текст] / Ю.М. Захарик // Грузовик. — 2005. — № 8. — С. 3 — 34.
3. Технічне обслуговування і ремонт легкового автомобіля [Текст]: монографія / сост. А.А. Ханников. — Мінськ: Сучасна школа, 2007. — 383 с.
4. Микнас, В. Автомобільні сцеплення, трансмісії, приводи [Текст]: пер. з нім. / В. Микнас, Р. Попіоль, А. Шпренгер. — М.: За рулем, 2012. — 351 с.
5. Гируцький, О.І. Електронні системи управління агрегатами автомобіля [Текст]: монографія / О.І. Гируцький, Ю. К. Есеновський-Лашков, Д.Г. Поляк. — М.: Трансп., 2000. — 213 с.

References

1. Zakharik, Yu.M. Ispolnitel'nye mekhanizmy stsepleniya s elektronnyim upravleniem [Clutch actuators with electronic control] [Text] / Yu. M. Zakharik // Avtomobil'naya promyshlennost' [Automotive Industry]. — 2003. — #9. — pp. 28 — 30.
2. Zakharik, Yu.M. Shagovye dvigateli i sitemy upravleniya stseplenyami avtomobiley [Step motors and car clutch control systems] [Text] / Yu.M. Zakharik // Gruzovik [Truck]. — 2005. — #8. — pp. 3 — 34.
3. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont legkovogo avtomobilya: monografiya [Maintenance and repair of car] [Text]: monograph / Compiled by A.A. Khannikov. — Minsk, 2007. — 383 p.
4. Miknas, V. Avtomobil'nye stsepleniya, transmissii, privody [Clutches, transmissions, actuators] [Text]: trans. form German / V. Miknas, R. Popiol', A. Shprenger. — Moscow, 2012. — 351 p.
5. Girutskiy, O.I. Elektronnye sistemy upravleniya agregatami avtomobilya: monografiya [Car unit electronic control systems] [Text]: monograph / O.I. Girutskiy, Yu.K. Yesenovskiy-Lashkov, D.G. Polyak. — Moscow, 2000. — 213 p.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

О.О. Ярыта. **Вплив зносу фрикційних накладок на швидкодію електропневматичного привода керування зчепленням.** Робота присвячена вивченню змін основних характеристик електропневматичного привода зчеплення в процесі експлуатації. Оскільки привод керування зчепленням повинен забезпечувати стабільну роботу трансмісії під час усього терміну експлуатації, метою даного дослідження є визначення впливу зносу фрикційних накладок зчеплення на швидкодію електропневматичного привода. Запропоновано конструкцію стенда для дослідження елементів електропневматичного привода зчеплення. Основними висновками проведених експериментальних досліджень виконавчого механізму електропневматичного привода керування зчепленням відзначаються підвищення швидкодії до 15 % зі збільшенням зносу фрикційних накладок і вплив тиску повітря на роботу привода: зі зменшенням тиску час вимикання зчеплення збільшується, а час вмикання навпаки зменшується, незалежно від стану фрикційних накладок. Отримані результати доцільно враховувати при проектуванні виконавчих механізмів приводів зчеплення, які джерелом енергії використовують стиснене повітря.

Ключові слова: виконавчий механізм, швидкодія, зчеплення, фрикційні накладки.

А.А. Ярыта. **Влияние износа фрикционных накладок на быстродействие электропневматического привода управления сцеплением.** Работа посвящена изучению изменения основных характеристик электропневматического привода сцепления в процессе эксплуатации. Поскольку привод управления сцеплением должен обеспечивать стабильную работу трансмиссии на всем сроке эксплуатации, актуальным является определение влияния износа фрикционных накладок сцепления на быстродействие электропневматического привода. Предложена конструкция экспериментального стенда для исследования элементов электропневматического привода сцепления. В качестве основных выводов по проведенным экспериментальным исследованиям исполнительного механизма электропневматического привода управления сцеплением отмечается повышение быстродействия до 15 % с увеличением износа фрикционных накладок и влияние давления воздуха на работу привода: с уменьшением давления время выключения сцепления возрастает, а время включения наоборот уменьшается, независимо от состояния фрикционных накладок. Полученные результаты целесообразно учитывать при проектировании исполнительных механизмов приводов сцепления, использующих в качестве источника энергии сжатый воздух.

Ключевые слова: исполнительный механизм, быстродействие, сцепление, фрикционные накладки.

A.A. Yaryta. **The influence of wearout clutch facings on operating speed electro-pneumatic clutch actuator.** The paper is dedicated to the study of essential characteristics of electro-pneumatic clutch actuator during operation. Since the control of a clutch actuator must ensure the sustainability of all transmission service life, it is actual to determine the effect of wear clutch facings on operating speed electro-pneumatic actuator. Clutch actuator control must ensure the sustainability of all transmission service life. Determination of the effect of wear clutch facings on operating speed electro-pneumatic actuator was purposed for the study. To research the elements of electro-pneumatic clutch an experimental stand is developed. Experimental studies show that with increasing of wear clutch facings marked the speed increases up to 15 %. With pressure decreasing clutch reaction time increases, vice versa with pressure increasing on clutch reaction time decreases, regardless of state of clutch friction. Results of the study can be used in development of booster of pneumatic clutch actuator.

Keywords: actuator, operating speed, clutch, clutch facings.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Сурьянинов Н.Г.

Поступила в редакцию 15 марта 2014 г.