

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПНЕВМОКЛАПАНА С ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

В.С. Александров, А.А. Васильев, В.А. Зуйков, Е.В. Морозова

Аннотация

Рассматриваются вопросы анализа характеристик регулируемого электропневмоклапана (ЭПК), который обеспечивает отсечку газа и его подачу с постоянным низким давлением в потребитель в виде сверхзвукового сопла, образуя с ним регулируемое газодинамическое исполнительное устройство (РГИУ).

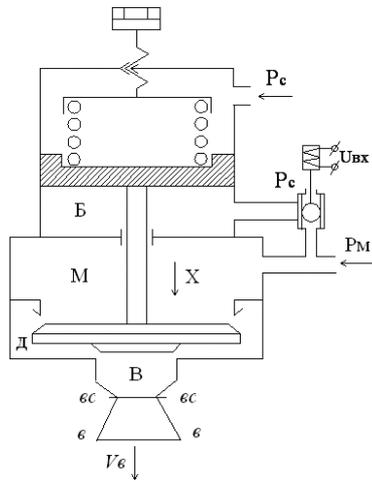
Ключевые слова

электропневмоклапан; регулятор давления; газодинамическая система; параметрический синтез.

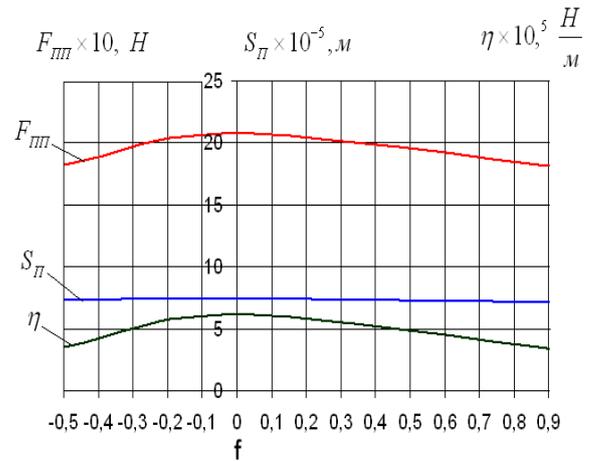
В отличие от ранее рассмотренных РГИУ [1, 2], построенных на основе двухфункциональных агрегатов «пускоотсечной ЭПК-регулятор давления» (ЭПК-РД) с чувствительным элементом в виде механической подвижной детали (МПД) блока одностороннего газового и пружинного двигателя (ОГД+ ОПД), в данном РГИУ применяется агрегат, в котором в качестве этого элемента используется затвор регулирующего одностороннего газораспределителя (ОГР) с управлением на входе и выходе (ОГР-в), что при тех же габаритах повышает точность регулирования низкого давления, отводимого к потребителю.

Для образования последнего агрегата ЭПК-РД оказалось необходимым в синтезированном ранее двухкаскадном газораспределительном устройстве (ГРУ) [3] выполнить площадь затвора клапанного ОГР, близкой к площади соединенного с ним поршня ОГД (рис. 1, а) для уравнивания действующих на них сил высокого давления, и использовать частные модули распределителей, у которых, в отличие от полных модулей,

исключен обычный канал отвода, а его функцию выполняет канал сброса.



а



б

Рис. 1. К анализу характеристик РГИУ

Анализ данных агрегатов ЭПК-РД показывает, что функциональное свойство (ф-свойство) регулирования давления и ф-свойство отсечки потребителя газа появляются только при вполне определенных направлениях силы управляющего давления на поршень ОГД и силы высокого давления на чувствительный элемент. В частности, в данном агрегате с отсечкой при сбросе с помощью управляющего ОГР высокого давления P_m в рабочей полости Б ОГД (рис.1, а) эти силы должны быть направлены противоположно. Настройка агрегата на заданное низкое давление осуществляется с помощью регулируемого ОПД.

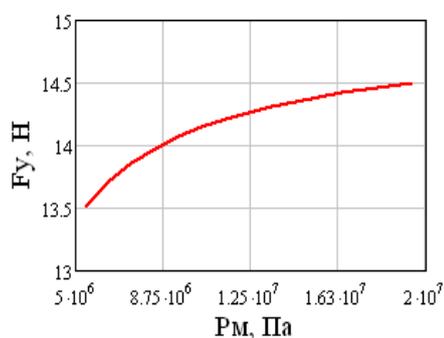
При установке на выходе агрегата ЭПК-РД сверхзвукового сопла он превращается в РГИУ, создающее в газодинамической системе автоматического управления постоянное предельное управляющее усилие $F_{упр}$ без использования как однофункциональных устройств ЭПК и РД, так и самих агрегатов ЭПК-РД.

Расчётная схема рассматриваемого РГИУ показана на рис.1, а. Исследование статики (рис.2) РГИУ проводилось с помощью его частной нелинейной математической модели, формируемой на основе обобщенной модели [1] с учетом отличительных особенностей устройства и функционирования.

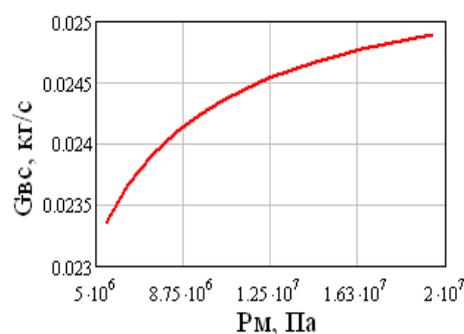
Основными характеристиками установившегося режима работы РГИУ являются статические характеристики, отражающие в этом режиме зависимости координаты поршня X , низкого давления в предсопловой полости P_B , секундного расхода $G_{вс}$ газа через сопло и управляющего усилия F_y от давления в ресивере P_M , изменяющегося от начального значения

$E_1 \hat{f}$ до конечного $E_1 \hat{e}$.

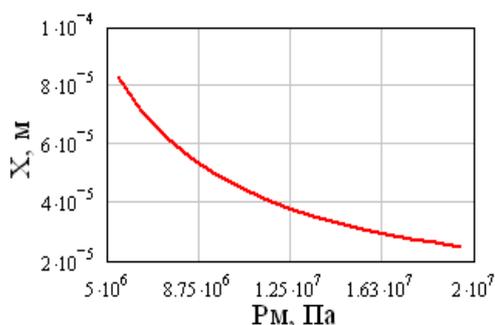
Графики статических характеристик, рассчитанных при $k=1.4$, $R=287$ Дж/кг·К, $E_1 \hat{f} = 20$ МПа, $E_1 \hat{e} = 5.4$ МПа, $P_C=0.1$ МПа, $T_M = T_C = 293$ К, $r_{PB}=0.9 \cdot 10^{-3}$ м, $r_{BA}= 0.7 \cdot 10^{-3}$ м, $d_{III} = 2.381 \cdot 10^{-3}$ м, $S_{a\dot{N}}=5.23 \cdot 10^{-6}$ м, $S_{\dot{a}}=1.466 \cdot 10^{-5}$ м, $D_{TH}=2 \cdot 10^{-3}$ м, $h=150$ Н·с/м, $M=0.1$ кг показаны на рис. 2. Параметры РГИУ (рис.1, а) были определены в результате параметрического синтеза [2] из условия обеспечения $F_y=14 \pm 0.5$ Н. На рис. 1, б показано для случая $D_p > D_{md}$ влияние показателя вида в целом возрастающей, убывающей и равнобокой статических характеристик $f=(F_{ун} - F_{ук})/(F_{уmax} - F_{уmin})$ на площадь поршня S_p , жёсткость η и силу предварительного поджатия пружины $F_{пп}$ проектируемого РГИУ.



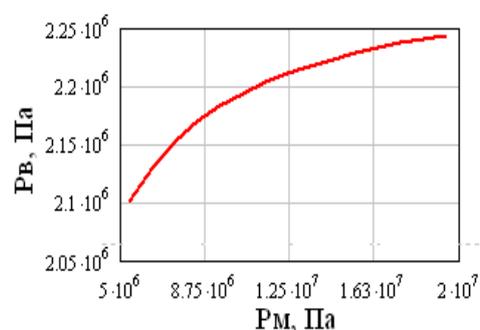
а)



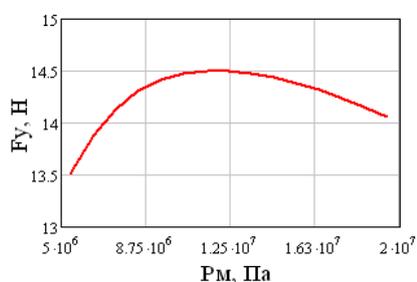
б)



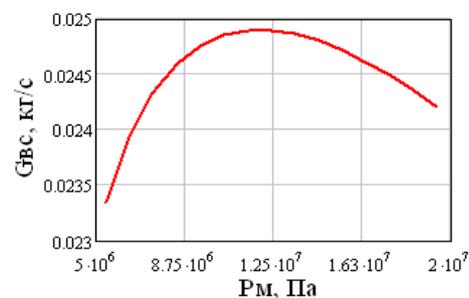
в)



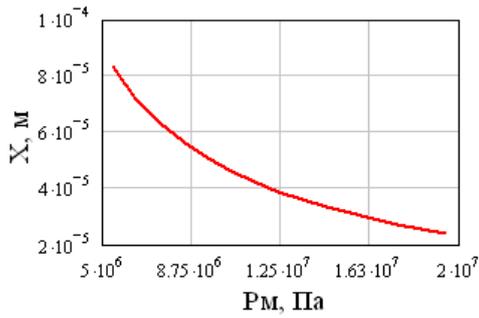
г)



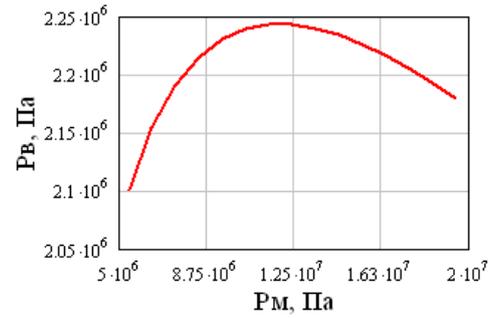
д)



е)



ж)



з)

Рис. 2. Статические характеристики РГИУ

а-г: $S_{\Pi} = S_{\text{Мд}} = 0.726 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $\eta = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$, $F_{\text{III}} = 156,44 \text{ Н}$, $X_{\text{H}} = 2,415 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, $X_{\text{K}} = 8,32 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, $D_{\text{Мд}} = 9.61 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $D_{\text{ДВ}} = 9.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

д-е: $S_{\Pi} > S_{\text{Мд}}$, $S_{\text{Мд}} = 0.711 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $\eta = 4,83 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$, $F_{\text{III}} = 190,86 \text{ Н}$, $X_{\text{H}} = 2,34 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, $X_{\text{K}} = 8,32 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, $D_{\text{Мд}} = 9.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $D_{\text{ДВ}} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Важнейшим режимом работы РГИУ, является импульсный режим с переменной частотой и длительностью следования импульсов. При анализе этого режима большой интерес представляют переходные процессы открытия и закрытия тепломеханической части агрегата, вызванные мгновенным перебросом маленького шарика с выпускного седла на впускное и обратно. Необходимые для расчета переходных процессов начальные значения переменных величин в полостях закрытого агрегата, а также координаты X и скорости V поршня, определяются из эксплуатационных соображений.

Графики переходных процессов, рассчитанных при $D_{\Pi} > D_{\text{Мд}}$ и указанных выше значениях конструктивных и эксплуатационных параметров, показаны на рис. 3. В левой части рисунка представлены графики, рассчитанные при $P_{\text{M}} = P_{\text{MH}}$, а справа – при $P_{\text{M}} = P_{\text{MK}}$.

а) $P_{\text{M}} = P_{\text{MH}}$

б) $P_{\text{M}} = P_{\text{MK}}$

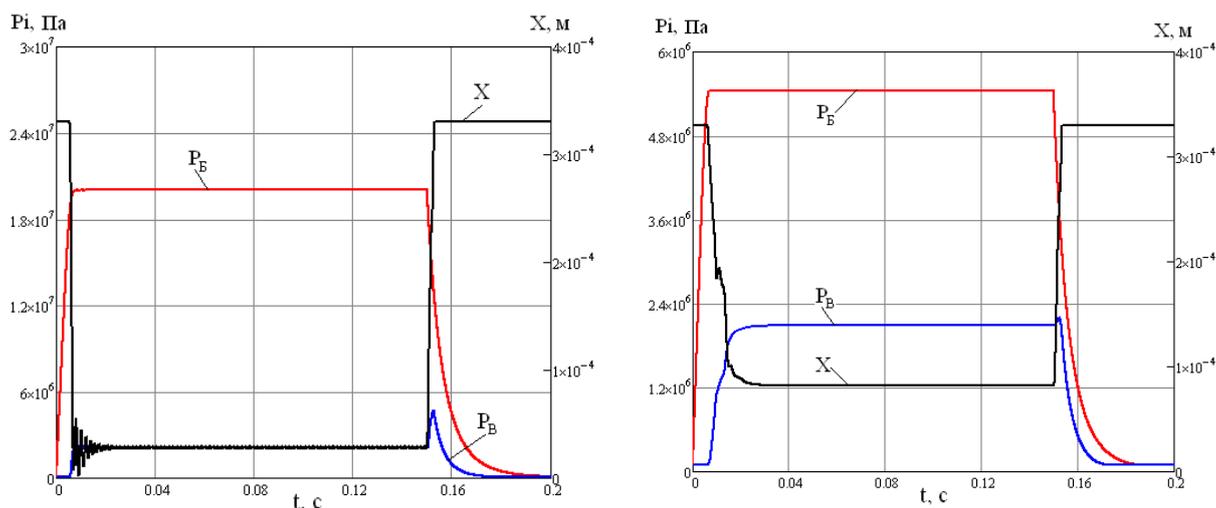


Рис.3. Переходные процессы открытия и закрытия РГИУ

Анализ характеристик и результаты параметрического синтеза показывают, что при обеспечении одинаковой погрешности регулирования управляющего усилия агрегаты с чувствительным элементом в виде МПД ОГР [3] имеют значительно меньшие диаметры чувствительного элемента, жёсткости и силы предварительного поджатия пружин по сравнению с агрегатами с чувствительным элементом в виде поршня [1, 2].

Библиографический список

1. Александров А.В., Александров В.С., Зуйков В.А. и др. Исследование функционирования регулируемого газодинамического исполнительного устройства //Известия ТулГУ. Серия: Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Вып. 3. Системы управления. Том 1. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 13-25.
2. Александров А.В., Александров В.С., Зуйков В.А. и др. Параметрический синтез регулируемого газодинамического исполнительного устройства //Известия ТулГУ. Серия: Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Вып. 3. Системы управления. Том 1. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 25-33.
3. Васильев А.А., Зуйков В.А., Старчак Д.Д. Структурный синтез агрегатов газовой автоматики с чувствительным элементом в виде подвижной детали распределителя / Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов. Материалы докладов всероссийской НТК. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – С.151-157.

Сведения об авторах

АЛЕКСАНДРОВ Вячеслав Сергеевич, профессор Тульского государственного университета,
д. т. н.

ТулГУ, пр. Ленина, 95, г. Тула, 300012;

тел.: (4872) 35-38-35; e-mail: info@sau.tsu.tula.ru

ВАСИЛЬЕВ Александр Анатольевич, аспирант Тульского государственного университета.

ТулГУ, пр. Ленина, 95, г. Тула, 300012;

тел.: (4872) 49-46-11; e-mail: alexander5151@rambler.ru

ЗУЙКОВ Владимир Анатольевич, аспирант Тульского государственного университета.

ТулГУ, пр. Ленина, 95, г. Тула, 300012;

тел.: +7-920-278-68-66; e-mail: zwa@tula.net.

МОРОЗОВА Елена Владимировна, доцент Тульского государственного университета, к.т.н.

ТулГУ, пр. Ленина, 95, г. Тула, 300012;

тел.: (4872) 35-38-35; e-mail: info@sau.tsu.tula.ru