

УДК 62-851.1

СИЛЬФОННЫЕ ПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С УПРАВЛЯЕМЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Сысоев С.Н., Сурков А.В., Евстифеев П.В.

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: mr.sania2555@mail.ru*

Статья посвящена совершенствованию работы приводов криволинейного перемещения, имеющих герметичную упругую сильфонную камеру с ограничителем её осевого удлинения. Анализируя работу объемных приводов, в которых для перемещения используют упругие свойства оболочки, были выявлены недостатки, связанные с отсутствием управления радиальным направлением криволинейного перемещения, что ограничивает их функциональные возможности и область применения. Предложена идея использования устойчивости осевого симметричного положения сильфона для управления направлением перемещения. Данная идея реализуется методом смещения в радиальном направлении ограничителя осевого перемещения сильфона. Для реализации данного метода разработаны новые устройства, в которых используются механизмы управления приводами. Предложенный привод криволинейного перемещения состоит из сильфона с двумя торцевыми крышками, связанными между собой ограничителем их осевого перемещения, образующими герметичную полость, выполненную с возможностью соединения со средством давления питания рабочей среды. На торцевой крышке по оси камеры установлена имеющая возможность поворота вокруг оси рукоятка управления, которая выполнена в виде коромысла, с закрепленным на нем ограничителем, смещающая его в исходном положении относительно оси сильфона в радиальном направлении. Применение поворотного механизма управления позволяет его разгрузить от силового воздействия со стороны троса. Однако данная реализация механизма управления, позволяющая регулировать радиальное направление криволинейного перемещения круговым движением, ограничивает возможности управления. Применение наклонного механизма управления устраняет перечисленные недостатки за счет дополнительной возможности смещения ограничителя от оси сильфона в радиальном направлении. Работоспособность и эффективность предложенного метода управления подтверждена макетированием, натурными исследованиями данных приводных механизмов. Кроме этого, выявлена возможность использования механизма управления в качестве силового приводного механизма для перемещения рабочего органа в требуемом направлении, существенно расширяющая его функциональные возможности.

Ключевые слова: рукоятка управления, приводы, криволинейное перемещение, сильфон

BELLOWS DRIVES WITH CONTROLLED TRAJECTORY OF CURVILINEAR MOVEMENT

Sysoev S.N., Surkov A.V., Evstifeev P.V.

*Alexander Grigorievych and Nikolay Grigorievich Stoletov Vladimir State University,
Vladimir, e-mail: mr.sania2555@mail.ru*

The article focuses on the improvement operation of curvilinear drives with a sealed elastic chamber equipped with an axial expansion limiter. The authors analyzed the operation of hydrostatic drives, which use the elastic characteristics of the chamber casing for movement, and identified the disadvantages associated with the lack of control of the radial direction, which limits their behavior and application area. The idea of using the stability of the axial symmetric position of the bellows to control the direction of movement is proposed. This idea is implemented by the method of displacement in the radial direction of the limiter of the axial movement of the bellows. We designed new devices with drive control mechanisms for the implementation of this method. The proposed drive of the curvilinear movement consists of a bellows with two end caps connected by the axial movement limiter. This shapes a sealed cavity, capable of being connected with the medium supply pressure. A pivot operating handle made in the form of a balancing lever fitted with a limiter is installed on the end cap along the axis of the chamber. Its primary position is relative to the axis of the bellows in the radial direction. Pivoting control mechanism allows it to lighten the load of the cable collision force. However, this execution of the control mechanism, when the radial direction of the curved movement is adjusted by a circular motion, limits the control options. The tilt control mechanism eliminates the above disadvantages due to the additional option of limiter displacement from the bellows axis in the radial direction. The working efficiency of the proposed control method is confirmed by prototyping and field observation. Besides, the control mechanism can be used as a power drive mechanism to move the operating device in the desired direction, significantly expanding its functionality.

Keywords: control arm, drives, curvilinear movement, sylphon

В настоящее время в промышленности широко используются приводные механизмы криволинейного перемещения камерного типа, принцип действия которых основан на изменении геометрии камеры путем силового воздействия на нее давлением рабочей среды.

Широко применяются трубчатые механизмы типа трубки Бурдона [1], в которых траектория её искривления формируется при изготовлении изгибом трубки. В Мак-Киббеновских [2] исполнительно-приводных механизмах применяют трубчатый эластичный баллон с оплеткой, формирую-

щей радиальную траекторию перемещения, а управление перемещением конца трубки также осуществляют давлением рабочей среды.

Механизмы, в которых используется сильфон, широко применяются в качестве компенсаторов [3], а также в механических преобразователях, где направление криволинейного перемещения задается, например, применением двух сильфонов [4], один из которых помещен внутри другого со смещением их осей.

Управление перемещения по сформированной траектории осуществляется внутренней энергией энергоносителя.

Совершенствование данных механизмов привело к созданию устройств [5], позволяющих задавать различное радиальное направление криволинейного перемещения. Однако в перечисленных выше приводах отсутствует возможность автоматизированного управления радиальным направлением криволинейного перемещения, что ограничивает их функциональные возможности и область применения.

Цель исследования – расширение возможностей функционирования и области использования приводов криволинейного перемещения за счет применения разработанного метода управления радиальным направлением траектории их перемещения.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является функционирование пневматических приводов. Предмет исследования – управление приводами криволинейного перемещения, имеющими ограничитель осевого удлинения сильфона.

Для реализации поставленной задачи проведем анализ возможности устранения, указанного выше недостатка.

Рассмотрим работу приводов криволинейного перемещения [5, 6], приводной механизм которого представляет собой сильфон с двумя торцевыми крышками, образующими герметичную камеру, выполненную с возможностью соединения с источником питания рабочей среды.

По центру торцевых крышек в камере закреплен ограничитель осевого удлинения сильфона, выполненный в виде тяги. В данных технических решениях для реализации изменения направления криволинейного перемещения использована идея снижения устойчивости симметричного расположения сильфона, ограничивая его осевое линейное перемещение. При этом радиальное направление траектории в них задается внешними силовыми воздействиями и отсутствует возможность управления ими.

Предложена идея устранения данного недостатка путем управления устойчивостью его симметричного расположения. Метод управления, состоит в том, что смещают ограничитель линейного перемещения сильфона относительно его оси в требуемом радиальном направлении, регулируя направление искривления сильфона.

Данные идея и метод управления реализованы в новом приводе криволинейного перемещения (рис. 1).

В устройстве (рис. 1, а) рабочий орган 1 закреплен на нижней торцевой крышке 2 сильфона 3, верхняя поверхность которого закрыта торцевой крышкой 4, образуя герметичную полость A , выполненную с возможностью соединения через распределитель 5 с линией питания избыточного давления $p_{\text{пит}}$ воздуха. В полости A на крышках установлен ограничитель осевого линейного перемещения 6 сильфона, один конец которого закреплен по оси сильфона на крышке 2. В крышке 4 по оси сильфона установлена рукоятка управления 7, закрепленная с возможностью поворота вокруг оси и выполненная в виде коромысла, на конце которого со смещением относительно оси закреплен второй конец ограничителя 6.

В исходном положении (рис. 1, а) полость A соединена через распределитель 5 с атмосферой. Сильфон 1 за счет упругости гофр занимает симметричное относительно оси положение. Торцевые крышки расположены параллельно друг другу (рис. 1, в).

При необходимости осуществления криволинейного перемещения рабочего органа 1, например, в направлении по часовой стрелке, рукоятку 7 управления устанавливают в положение, при котором верхнее крепление троса 6 смещено влево относительно оси сильфона.

Включением распределителя 5 (рис. 1, б) соединяют полость A с $p_{\text{пит}}$ воздуха. Создается крутящий момент на крышку 2 в направлении смещения относительно оси сильфона крепления ограничителя 6, что приводит к криволинейному перемещению рабочего органа 1 (рис. 1, г). Чем больше величина давления в полости A , тем больше величина криволинейного перемещения.

Для осуществления изгиба рабочего органа в направлении против часовой стрелки, коромысло устанавливают в положение, при котором верхнее крепление троса смещено вправо относительно оси сильфона. Включением распределителя соединяют полость A с $p_{\text{пит}}$ воздуха, что приводит к криволинейному перемещению рабочего органа против часовой стрелки.

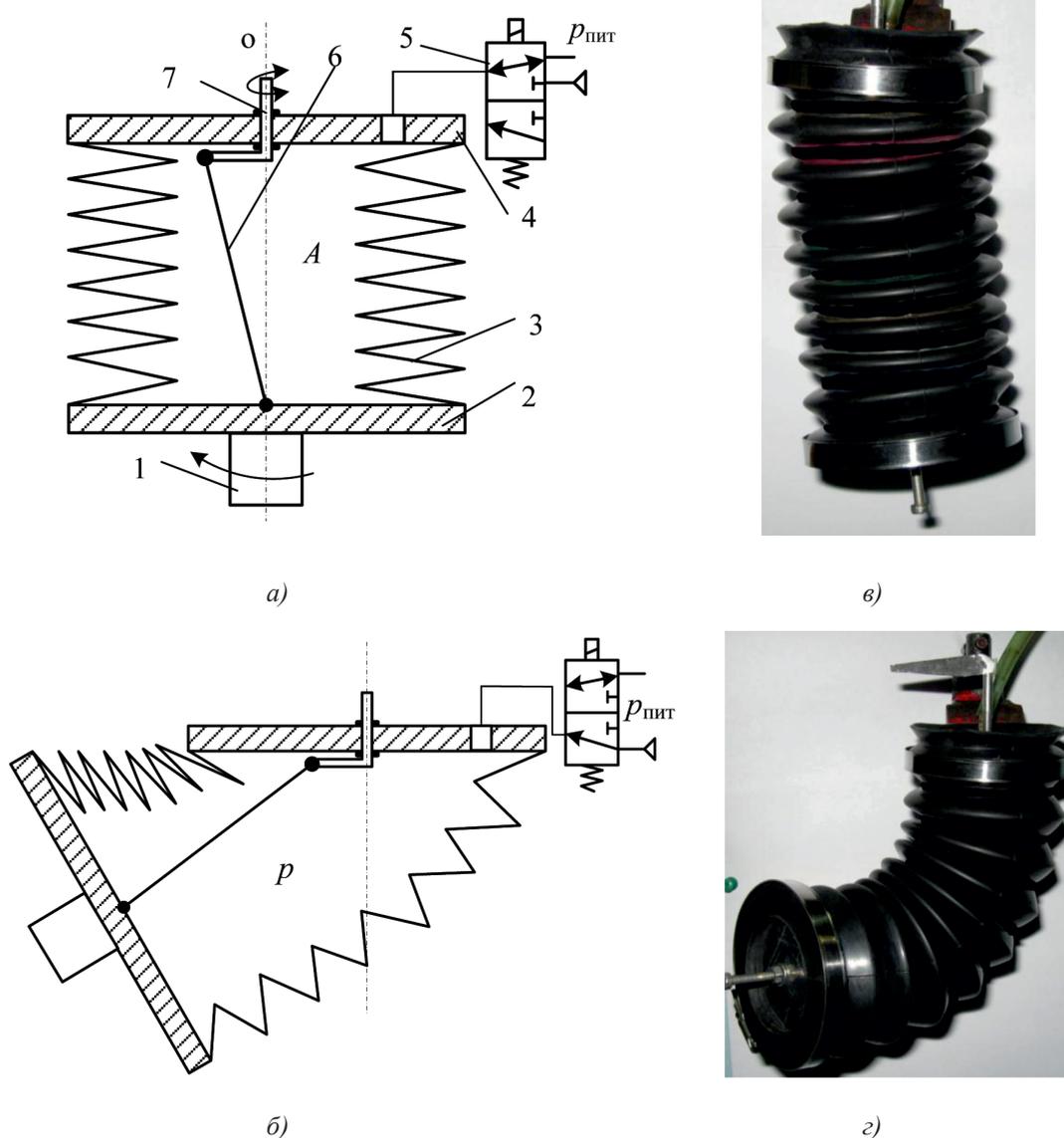


Рис. 1. Сильфонный приводной механизм с поворотной рукояткой управления:
а), б) соответственно схемы устройства; в), г) общий вид

Применение рукоятки управления 7, установленной на заглушке 2 с возможностью поворота вокруг оси, позволяет разгрузить приводной механизм управления направлением траекторией криволинейного перемещения от осевого силового воздействия на него со стороны силовой части привода. Однако данное техническое решение обладает недостатками, заключающимися в том, что круговое перемещение конца троса, закрепленного на коромысле, позволяет реализовать перемещение рабочего органа в изогнутом положении сильфона только по периметру; величина радиального смещения троса не регулируется. Указанные недостатки ограничивают функциональные возможности привода.

В связи с этим разработан новый привод с расширенными функциональными возможностями управления радиальным направлением криволинейного перемещения (рис. 2).

Устройство (рис. 2, а) также состоит из тех же элементов, как и описанное ранее. В отличие от предыдущего устройства рукоятка управления 7 выполнена с возможностью наклона относительно оси сильфона, что позволяет дополнительно перемещать точку крепления ограничителя от оси сильфона в радиальном направлении.

В исходном положении (рис. 2, а) сильфон 1 располагается симметрично относительно оси $O-O$.

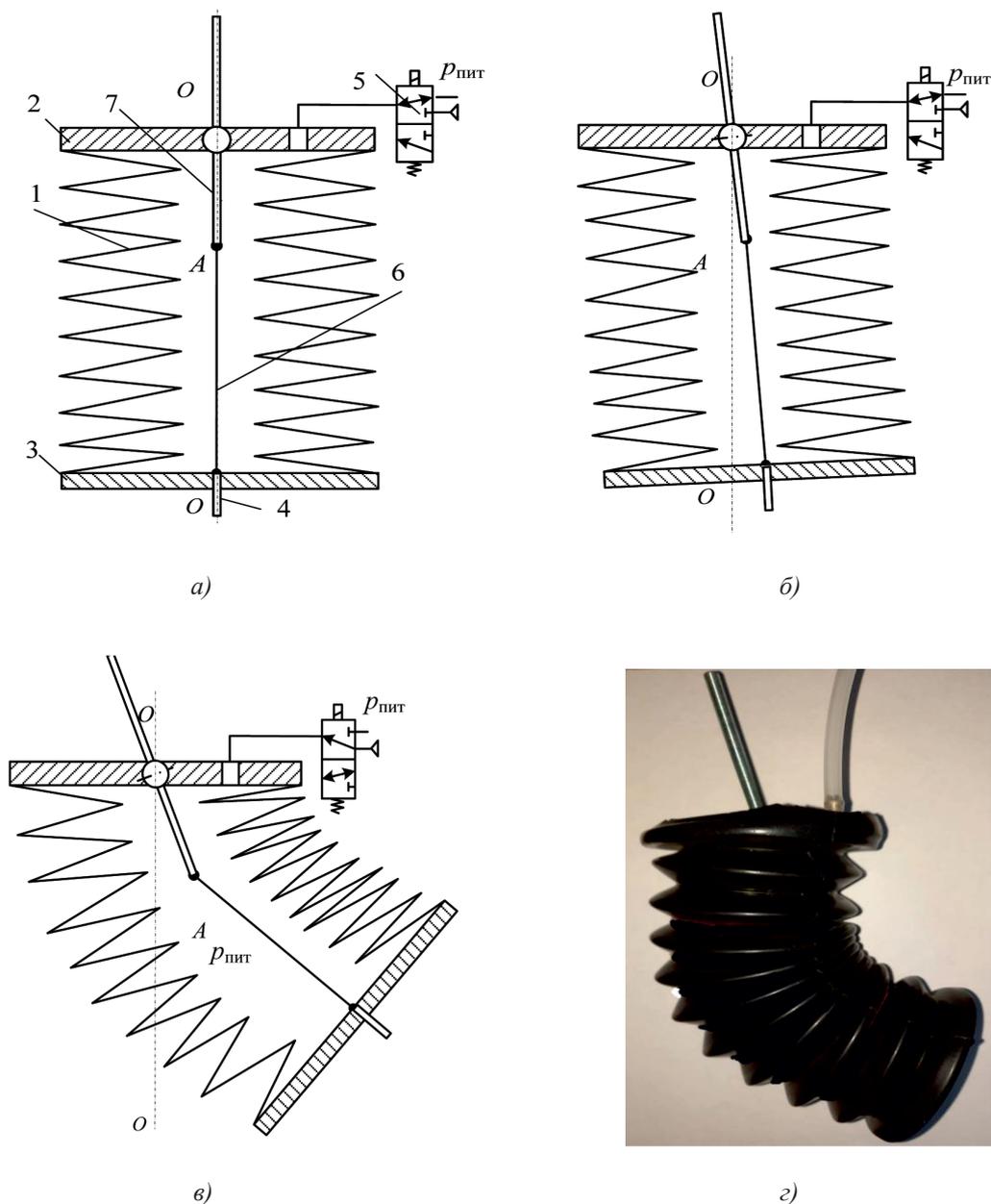


Рис. 2. Сильфонный приводной механизм с наклоняемой рукояткой управления:
а), б), в) соответственно схемы устройства; г) общий вид

При необходимости получения криволинейного перемещения рабочего органа против часовой стрелки наклоняют рукоятку 7 в данном направлении (рис. 2, б). При повышении пневмодавления в полости A сильфон совершает криволинейное перемещение рабочего органа против часовой стрелки (рис. 2, в).

Управление радиальным направлением криволинейного перемещения осуществляют регулированием направления наклона рукоятки управления, что приводит к требуемым изменениям устой-

чивости симметричного расположения сильфона.

Для подтверждения заявленной эффективности предложенных технических решений выполнено макетирование предлагаемых приводов.

Результаты исследования и их обсуждение

В лабораторном стенде применены сильфоны, в которых использован материал камеры: резина ИРП – 1266; толщина 1 мм; диаметр камеры 80 мм.

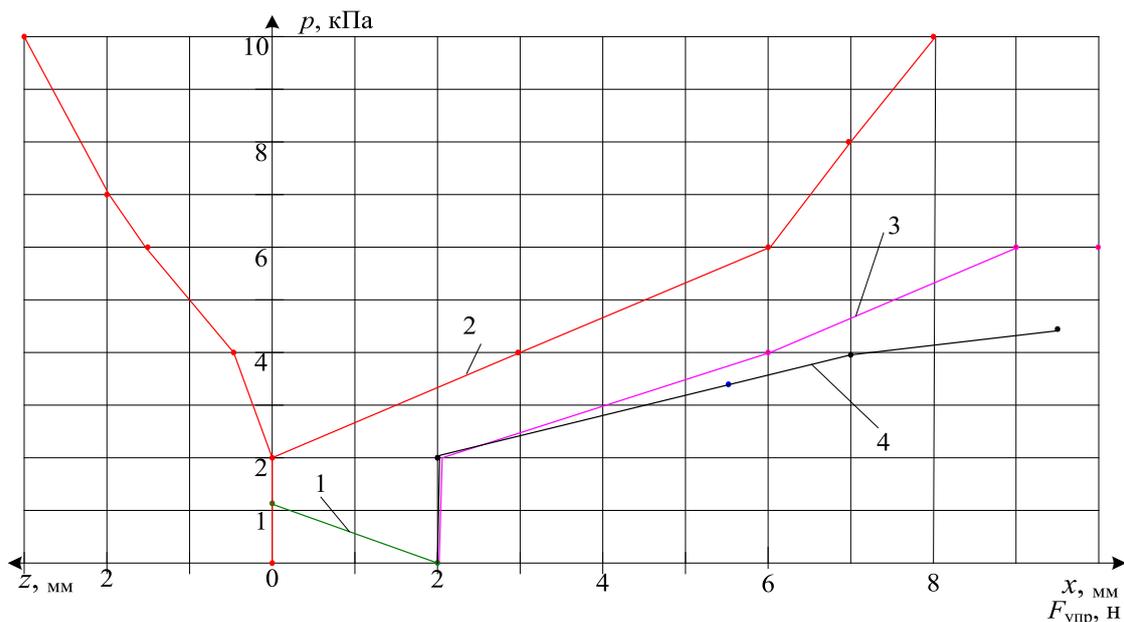


Рис. 3. Графики зависимостей силового воздействия на рукоятку управления, перемещения рабочего органа привода от величины давления в рабочей камере: 1 – управляющее силовое воздействие задания направления перемещения; 2 – координата рабочего органа соответственно по горизонтальной x и вертикальной z осям; 3 и 4 – силовые воздействия управления перемещением рабочего органа соответственно по периметру и в диаметральной плоскости

Пример характера усилия управления направлением криволинейного перемещения и положения рабочего органа в зависимости от величины давления p пневмопитания показан на рис. 3.

Графики показывают, что в исследуемом приводном механизме (рис. 2, г) при отсутствии избыточного давления в камере для задания направления криволинейного перемещения достаточно силового воздействия наклона рукоятки управления, величиной 2 Н. Повышение давления питания в камере до 1,1 кПа приводит к уменьшению требуемого силового воздействия управления. Это объясняется тем, что со стороны ограничителя на рукоятку создается крутящий момент, направленный в сторону её наклона.

Предлагаемые конструктивные исполнения приводного механизма позволяют перемещать рабочий орган в изогнутом положении сальфона, поворачивая рукоятку в требуемом направлении силовым воздействием на неё (рис. 3, кривые 3, 4).

Однако величина искривления сальфона ограничивает возможность реализации пространственного перемещения рабочего органа из-за возникающего силового взаи-

модействия ограничителя с внутренней поверхностью сальфона.

Заключение

Таким образом, анализируя методы работы объемных приводов и устройства для их реализации, выявлены недостатки, связанные с отсутствием возможности управления радиальным направлением криволинейного перемещения, ограничивающие функциональные возможности и области применения.

Предложены идея и метод управления криволинейным перемещением, устраняющие данные недостатки путем смещения ограничителя линейного перемещения сальфона относительно его оси в радиальном направлении.

Разработанные новые устройства позволяют реализовать описанный выше метод, в которых применены механизмы управления направлением криволинейного перемещения.

Выявлена возможность использования механизма управления в качестве силового для перемещения рабочего органа в требуемом направлении, существенно расширяющая его функциональные возможности.

Натурные исследования разработанного метода управления и устройств подтверждают их работоспособность и эффективность, расширяя функциональные возможности и область применения приводов данного типа.

Список литературы

1. Пирогов С.П., Чуба А.Ю. Применение манометрических трубчатых пружин в сельскохозяйственных машинах // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9 (69). С. 82–88.

2. Генри К.П., Смит С.П. Миниатюрный Мак-Киббеновский исполнительно-приводной механизм // Па-

тент РФ № 2669437. Патентообладатель Зе Боинг Компании (US) 2018. Бюл. № 29.

3. Баклушина И.В., Щеглеев И.А. Об опыте применения сильфонных компенсаторов // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2017. № 2. С. 48–51.

4. Васин В.А. Привод криволинейного перемещения с кольцевым сильфоном // Патент РФ № 2206011. Патентообладатель Васин В.А. 2003. Бюл. № 16.

5. Сысоев С.Н., Овчинников В.А., Голубева Т.Н. Привод криволинейного перемещения // Патент РФ № 2722200. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ) (RU) 2020. Бюл. № 16.