

О ПРИМЕНЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ НА СИЛОВЫХ ОБОЛОЧКАХ

И.В. Кабанен, магистрант

**Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова
(Россия, г. Санкт-Петербург)**

***Аннотация.** В работе описывается методика расчета передаточной функции исполнительного двигателя нижней конечности антропоморфного робота на основе силовых оболочковых элементов.*

***Ключевые слова:** силовой оболочковый элемент, пневматический привод, антропоморфный робот.*

На сегодняшний день существует множество различных видов робототехнических систем, в которых применены разные типы приводов и типовые кинематические схемы. В то же время разработчики этих систем не очень активно применяют в своих разработках новые виды приводов, предпочитая им традиционные. Такая ситуация значительно замедляет появление на рынке новых разработок. В связи с появлением в конце прошлого века значительного числа исследований, посвященных силовым оболочковым элементам, которые практически копируют работу мышц человека и не нуждаются в применении редукторов для преобразования вида движения и его скорости. Данные СОЭ, по существу, представляющие силовую часть исполнительного двигателя, являются силовыми оболочковыми бесштоковыми пневмоцилиндрами (СОБЩ) тянущего типа. СОБЩ вместе с электропневматическим дроссельным распределителем (ЭПДР) представляет собой высоко динамичный исполнительный двигатель. На базе этих СОБЩ можно скомпоновать ис-

полнительный двигатель двустороннего действия и одностороннего с возвратной пружиной, которые применительно к манипуляторам могут обслуживать одну степень подвижности [1, 2].

К их достоинствам можно отнести высокие значения развиваемого усилия, особенно в начальном положении, отсутствие объемных потерь, высокую удельную мощность и отсутствие сухого трения и люфтов между перемещающимися частями. К основным недостаткам можно отнести относительно малое перемещение СОЭ и существенное падение развиваемого усилия при сокращении СОЭ.

Построение привода на СОЭ

Поскольку СОЭ являются элементами одностороннего действия, то им требуется наличие некоторого возвратного устройства в виде дополнительного СОЭ или других механизмов. Наиболее простой является схема, когда возвратное движение осуществляется под действием силы тяжести объекта управления. На рис. 1 представлены основные варианты построения привода на СОЭ [3].

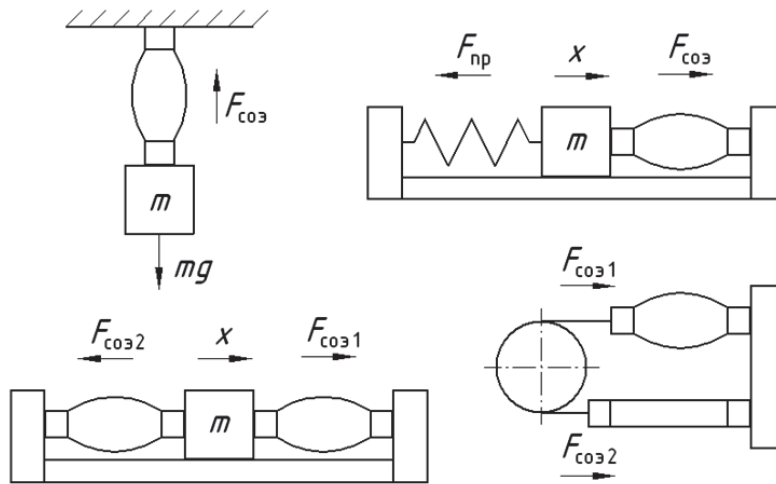


Рис. 1. Варианты построения привода на СОЭ

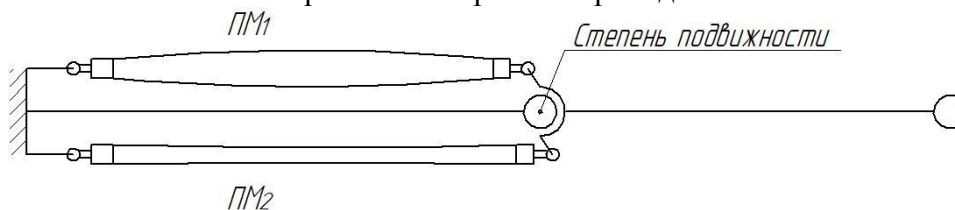


Рис. 2. Расположение СОЭ относительно звеньев

На рис. 2 показан вариант схемы привода на СОЭ, который в дальнейшем будет исследован при создании схемы организации движения нижней конечности. Две группы пневмомускулов (ПМ) включены по дифференциальной схеме. ПМ₁ работают в одном направлении, ПМ₂ работают в противоположном направлении. При подаче сжатого воздуха из магистрали нагнетания через дроссельный распределитель в ПМ₁ с одновременным сбросом отработанного воздуха из ПМ₂, ПМ₁ начинает сокращаться, развивая значительное тянущее усилие, пропорционально разности усилий, развиваемых этими ПМ. За счёт этого усилия голень начинает подниматься. И наоборот, при сокращении ПМ₂ голень начинает опускаться.

Составления передаточной функции для СОБПЦ

Общий вид передаточной функции по управлению имеет вид:

$$W_{\text{упр}}(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{k_{\text{упр}}}{s(T^2 s^2 + 2T\xi s + 1)} \times W_{\text{ДР}}(s)$$

где: $W_{\text{ДР}}(s)$ – передаточная функция ЭПДР; $U(s)$ – изображение по Лапласу напряжения на входе в ДР; $k_{\text{упр}}$ – коэффициент передачи по управлению; T – постоянная времени; ξ – коэффициент затухания, в соответствии с [1]:

$$k_{\text{упр}} = \frac{k_{\delta p} C_p}{(1 + k_{\delta p} C_p C_{\delta}) V_{\text{рт}}} \times \frac{L_H}{100\%};$$

$$T = \sqrt{\frac{m L_H}{k_F (1 + k_{\delta p} C_p C_{\delta}) 100\%}};$$

$$\xi = \frac{k_{\text{тр}}}{2} \sqrt{\frac{L_H}{k_F m (1 + k_{\delta p} C_p C_{\delta}) 100\%}}$$

где k_F – силовой коэффициент; $k_{\delta p}$ – коэффициент зависимости изменения сокращения от изменения объема; C_p – коэффициент расширения газа относительно давления; C_{δ} – коэффициент расширения газа относительно сокращения ПМ.

Используя исходные данные, взятые из технического задания: масса объекта, частота вращения, параметры СОЭ, и т.д. Далее произведем расчет параметров, необходимых для нахождения коэффициентов передаточной функции:

- Используя рисунок 3, находим значение радиуса оболочки в рабочей точке r_{pm}

- При помощи рисунка 4, находим значение коэффициента k_{VV}
- Вычисляем объем СОЭ в рабочей точке $V_{рт} = k_{VV} \pi r_{рт}^2 L_H \left(1 - \frac{\delta}{100\%}\right)$
- Из таблиц 1, 2 и рисунков 5, 6 определяем численные значения C_p , C_δ , k_F , $k_{\delta p}$.

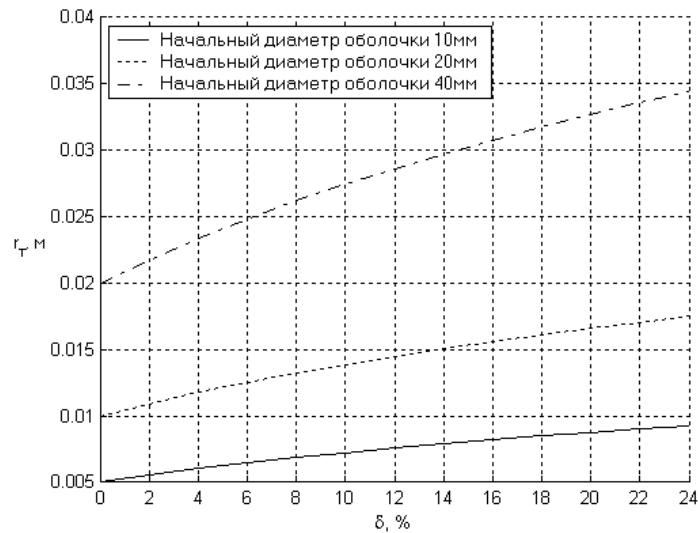


Рис 3. Зависимость между радиусом оболочки и ее сокращением

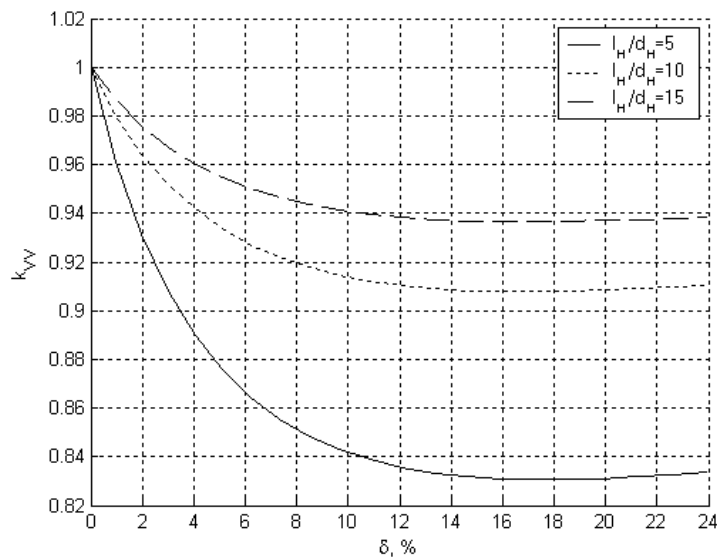
Рис. 4. Значение коэффициента k_{VV}

Таблица 1

C_p , МПа	Давление внутри оболочки СОЭ (МПа)							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Для изотермического процесса								
	0.049	0.1.21	0.204	0.295	0.394	0.498	0.607	0.720
Для адиабатического процесса								
	0.049	0.099	0.149	0.199	0.248	0.298	0.348	0.398

Таблица 2

Типо-раз-мер ПМ	Относительное сокращение оболочки СОЭ δ (%)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ø10 мм	0.311	0.245	0.200	0.168	0.143	0.124	0.108	0.095	0.084	0.075	0.067
Ø20 мм	0.262	0.212	0.176	0.150	0.129	0.113	0.099	0.088	0.078	0.070	0.062
Ø40 мм	0.248	0.202	0.170	0.145	0.125	0.109	0.096	0.085	0.076	0.068	0.061

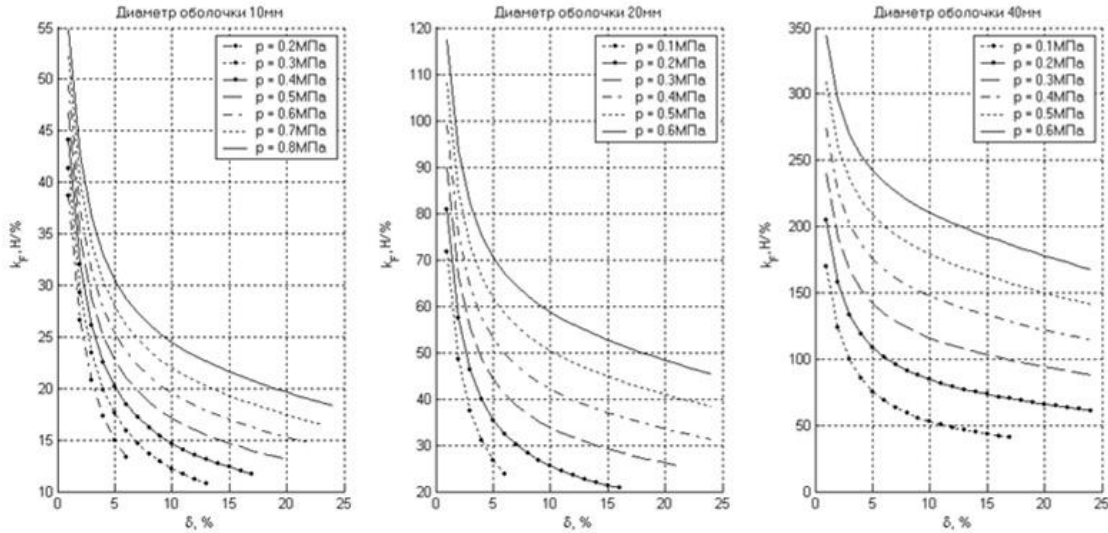


Рис. 5. Значение коэффициента жесткости k_p .

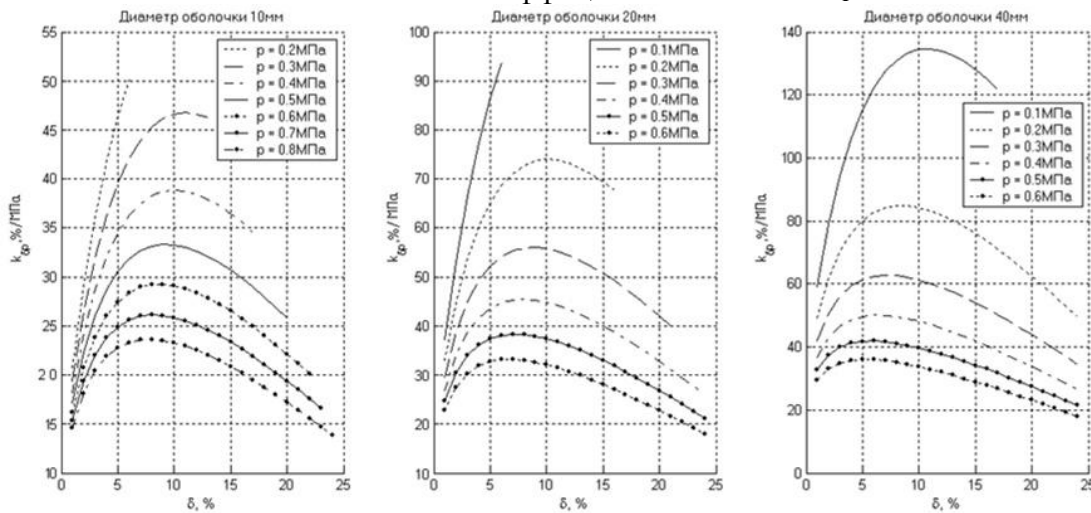


Рис. 6. Значение коэффициента $k_{\delta p}$

- Из полученных данных, находим передаточную функцию СЧ СОБПЦ с конкретными значениями параметров.
- Составляем структурную схему соответствующей системы управления приводом (рис. 7).

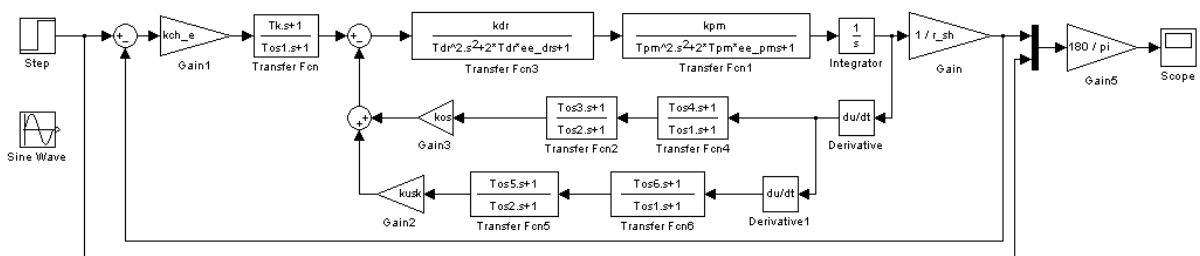


Рис. 7. Структурная схема скорректированной системы управления

Результаты моделирования скорректированной системы при входном воздействии типа единичный скачок и гар-

моническом входном воздействии представлены на рис. 8 и 9.

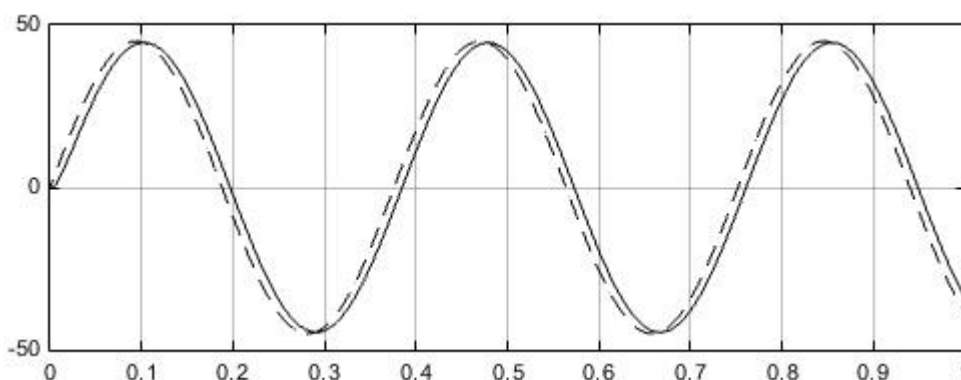


Рис. 8. График переходного процесса при подаче на вход системы гармонического сигнала

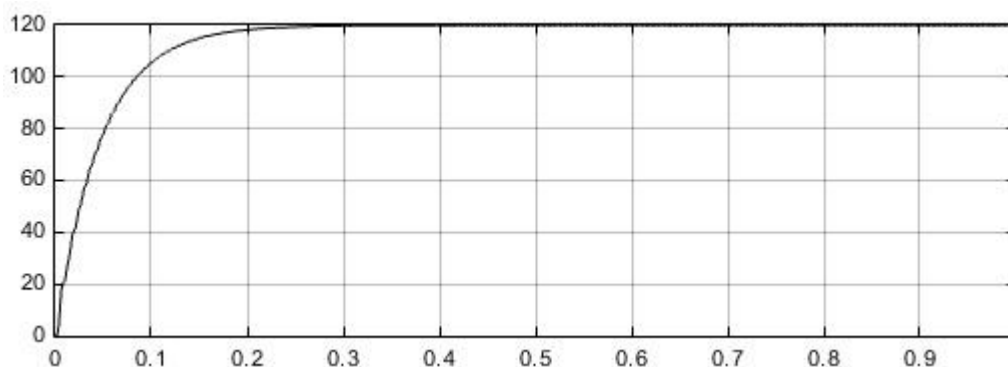


Рис. 9. График переходного процесса при подаче на вход системы сигнала типа единичный скачок

Из результатов моделирования видно, что динамические показатели коленного сустава по каналу управления

близки к возможностям человеческого сустава.

Библиографический список

1. *Пневмомускул MAS* [Электронный ресурс] / Festo : [сайт] – Режим доступа: http://www.festo.com/cat/ru_ru/data/doc_ru/PDF/RU/MAS_RU.pdf, свободный. (дата обращения 05.05.2018)
2. Шароватов, В. Т., Лошицкий, П. А. Математическая модель силового бесштокового пневмоцилиндра одностороннего действия.

ON THE APPLICATION OF A PERSPECTIVE APPROACH TO DESIGNING EXECUTIVE ENGINES OF ANTHROPOMORPHIC ROBOTS ON POWER SLIPS

I.V. Kabanen, graduate student
Baltic state technical university
(Russia, St. Petersburg)

Abstract. The paper describes a technique for calculating the transfer function of the executive motor of the lower limb of an anthropomorphic robot on the basis of power shell elements.

Keywords: power sheath element, pneumatic drive, anthropomorphic robot.