

СИСТЕМЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ НА БАЗЕ ПРУЖИННЫХ ПРИВОДОВ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

СЭНЬ ЛИ

*Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет имени Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Проведено исследование возможности использования пружинных приводов на базе пружин сжатия в системах, связанных с уравновешиванием силы тяжести, и исследованы геометрические и силовые характеристики пружин для систем уравновешивания.

В технологическом оборудовании, имеющем нагрузку от сил тяжести для снижения энергопотребления целесообразно использование пружинных аккумуляторов [1–5].

Постоянную статическую нагрузку можно уравновесить за счет кривошипно-ползунного механизма [6] при конфигурации, когда длины поворотного рычага (кривошипа) и шатуна равны, а поворотный рычаг оснащен пружинным аккумулятором на основе стандартных пружин растяжения, моментная характеристика которого изменяется по синусоидальному закону [7].

Реализовать данное устройство можно последовательным соединением кривошипно-ползунного механизма и кривошипно-кулисного механизма, где поворотный рычаг является их общим элементом. Длины поворотного рычага и шатуна равны l [2].

На рисунке 1 представлена схема системы уравновешивания выходного звена на базе пружин сжатия.

Усилие пружин определяется по формуле:

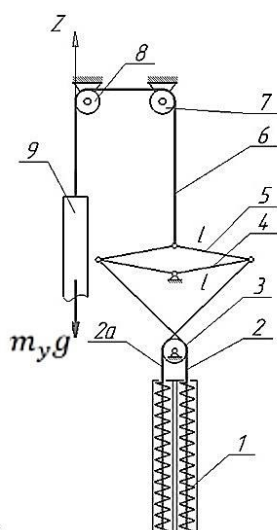
$$F_{np} = \frac{m_y}{2} g. \quad (1)$$

При этом суммарная жесткость двух пружин сжатия равна:

$$c = \frac{m_y g}{4l}. \quad (2)$$

В соответствии с уравнением (1) масса уравновешиваемого звена m_y определяет максимальное усилие пружины сжатия, а расчетный рабочий ход уравновешиваемого звена, равный $4l$, позволяет найти массу пружины в зависимости от принятых размеров уравновешивающего устройства. Наибольший рабочий ход пружины сжатия может составлять $2l$, но для повышения долговечности пружин, рекомендуемый рабочий ход пружины взят меньше.

Основные характеристики пружин уравновешивающих устройств приведены в таблице 1.



1 – пружинный привод; 2 – гибкий элемент; 3 – двоянный блок; 4 – поворотный рычаг;
5 – шатун; 6 – гибкий элемент; 7, 8 – блоки; 9 – выходное звено

Рисунок 1. – Схема уравнивания рабочего звена на основе пружин сжатия:

Таблица 1. – Характеристики пружин уравнивающих устройств

Номер пружин	Величина уравниваемой массы m_y , [кг]	Длина поворотного рычага l , [мм]	Жесткость пружины c , [Н/м]	Максимальное усилие пружины, [Н]	Масса двух пружин, [кг]	Рабочий ход пружин, [мм]
68	4000	1500	6700	20000	187	2500
59	3500	1500	6000	17500	154	2500
47	3000	1250	6000	15000	121	2000
34	2500	1250	5000	12500	103	2000
19	2000	1000	5000	10000	65	1500
7	1500	1000	4000	7500	48	1500
1	1200	1000	3000	5000	36	1500
1	1000	1000	2500	5000	43	1500

Длина поворотного рычага l выбрана произвольно.

Для уравниваемой массы, составляющей 2000 кг, суммарная масса пружин составляет 65 кг.

В ГОСТ 13776-86 для уравниваемой массы в 4000 кг имеется пружина сжатия № 68 с максимально возможным усилием 20000 Н. Для уравнивания большей массы реализовать данную схему на основе пружин сжатия из данного стандарта не представляется возможным.

В результате работы были определены характеристики пружин, используя различные комбинации которых можно реализовать уравнивающие устройства для технологического оборудования, что позволит проектировать оборудование со значительным снижением энергозатрат и установочной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жавнер М.В., Головин М.А., Ли Сэнь, Использование нелинейных пружинных аккумуляторов в системах уравнивания и мехатронных пружинных приводах. Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 4. С. 330—337.

2. V.P. Belogur, V.L. Zhavner, M.V. Zhavner, Wen Zhao Development and Research of Mechatronic Spring Drives with Energy Recovery for Rod Depth Pumps Advances in Mechanical Engineering: Selected Contributions from the Conference “Modern Engineering: Science and Education”, pp. 38-51.- 2020.

3. Белогур В.П., Жавнер В.Л., Жавнер М.В., Чжао В. Мехатронные пружинные приводы для штанговых глубинных насосов. Современные проблемы теории машин. – Санкт-Петербург: НИЦ МС, 2022. – № 14. – с.24-32.

4. Milana V. Zhavner, Sen Li and Chuanchao Yan, Research of Spring Accumulators with Output Rotary Link Used in Technological Equipment to Reduce Energy Consumption/ Advances in Mechanical Engineering: Selected Contributions from the Conference “Modern Engineering: Science and Education”, pp. 221-232.- 2019.

5. Жавнер М.В., Ли Сэнь, Чжао Вэнь, Пружинные приводы с рекуперацией энергии для штанговых глубинных насосов. Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство.2023, № 8. С. 35–41.

6. Механика машин. Т.2. Кинетостатика и динамика машин. Трение в машинах. Колчин Н.И. Л., Машиностроение, 1972 г. 456 с.

7. Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И., Владов И.Л., Данилевский В.Н., Жавнер В.Л., Колискор А.Ш., Петров Л.Н., Серков Н.А., Модестов М.Б., Ушаков В.И., Тихомиров В.Г., Ковалев В.Е. Манипуляционные системы роботов. Москва, Машиностроение, 1989. 471 с.