



## Lianer Displacement Drive

---

Dmitriy Yakimovsky and Anton Shlenskiy

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

March 1, 2021

## **ПРИВОД ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ.**

**Д. О. Якимовский**

Доцент, кандидат технических наук

**А. Ю. Шленский**

магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

### **Привод линейного перемещения.**

Предлагается концепция использования привода линейного перемещения на основании понижающего редуктора с люфтовывбирающим устройством для увеличения скорости линейного перемещения, увеличения точности координатного позиционирования портала станка с числовым программным управлением. Выполнены предварительные расчеты, подтверждающие работоспособность предлагаемого привода линейного перемещения. Предложены эскизы конструкции.

**Ключевые слова:** привод линейного перемещения, точность, скорость перемещения.

***D. O. Yakimovsky***

*Assistant professor, Candidate of technical Sciences/r*

***A. J. Shlensky***

*Postgraduate Student*

*Saint-Petersburg State University of aerospace Instrumentation*

### ***LIANER DISPLACEMENT DRIVE.***

*The concept of using a linear displacement drive based on a reduction gear with a backlash device to increase the speed of linear displacement, increase the accuracy of the coordinate positioning of the portal of a numerically controlled machine tool is proposed. Preliminary calculations have been performed confirming the operability of the proposed linear displacement drive. Design sketches proposed.*

***Keywords:*** *Lianer displacement drive, accuracy, travel speed.*

В современной промышленности большое распространение получили приводы линейного перемещения (ПЛП). ПЛП используются в различном гидравлическом оборудовании, промышленном оборудовании и особенно в станках с числовым программным управлением.

Приводы линейного перемещения предназначены для преобразования вращательного движения вала электродвигателя в продольное перемещение. Наиболее важными характеристиками ПЛП являются величина минимального перемещения (точность) и скорость перемещения штока (подачи). Эти факторы помогают определить тип используемого привода в том или ином оборудовании и механизме. Современное станкостроение постоянно повышает требования к точности перемещения и быстродействию ПЛП, поэтому, задача повышения точности и повышения скорости перемещения является главной.

Увеличение точности координатного позиционирования позволит увеличить качество обрабатываемых деталей, производимых на станках с числовым управлением, а увеличение скорости линейного перемещения позволит сократить время холостого и рабочего ходов, тем самым повысив производительность оборудования.

Исходя из вышесказанного, можно поставить задачу разработки такого привода линейного перемещения портала станка с числовым программным управлением, который увеличит точность координатного позиционирования, а также увеличит скорость его линейного перемещения.

Для примера, за основу для модернизации был выбран ПЛП оси Y станка торговой марки CNC-motors модель VX-2515. Выбор данного ПЛП обусловлен тем, что при большом рабочем поле 2500 x1500мм, он имеет низкую скорость перемещения портала, которая ограничена 3000 миллиметрами в минуту, но при этом имеет невысокую точность позиционирования 0,025 мм. [1]. Главными проблемами данного станка являются невысокая точность координатного позиционирования и низкая скорость линейного перемещения.

Поставим задачу, разработки привода линейного перемещения, который позволит обеспечить скорость перемещения портала фрезерного станка до 10000 мм/минуту, обеспечит точность координатного позиционирования 0,01мм, а также обеспечит силу давления 7,8 Н\*м. За основу для модернизации принять привод линейного перемещения оси Y станка VX-2515.

В качестве решения проблемы, увеличения точности координатного позиционирования предлагается интегрировать понижающий редуктор, а для увеличения скорости линейного перемещения предлагается использовать реверсивную систему привода с неподвижным

ходовым винтом. Использование реверсивной схемы объясняется тем, что в качестве приводной механики использована шарико-винтовая пара с диаметром ходового винта 20мм, шагом резьбы 5мм и длиной 3000 мм, которая ограничена 600 оборотами в минуту, так как при более высоких оборотах ходового винта возникает вибрация. [3]

Для того, что бы внедрить привод линейного перемещения имеющего реверсивную компоновку и понижающий редуктор, необходимо произвести расчёты исходя из скоростных и точностных требований заказчика.

Так как точность координатного позиционирования на прямую зависит от углового шага двигателя, а использовать шаговый двигатель с меньшим угловым шагом не рекомендуется, так как падает крутящий момент, следовательно двигатель с меньшим угловым шагом рассматривать не будем.

Замена ШВП на винт с меньшим шагом не представляется возможной, так как для винта диаметром 20мм не существует шага меньше 0.5 мм.

Табл.1. Номинальный диаметр винта и шаг резьбы.[3. Табл.3.1]

| Характеристика | Классификация шага ШВП 2005-2010 |            |                  |
|----------------|----------------------------------|------------|------------------|
|                | Стандартный                      | Скоростной | Высокоскоростной |
| Шаг, мм        | 5                                | 10         | 20               |
|                | 5.08                             | 15         | 40               |
|                | 6                                |            |                  |

На рисунке 1 представлены основные параметры шарико-винтовой пары.

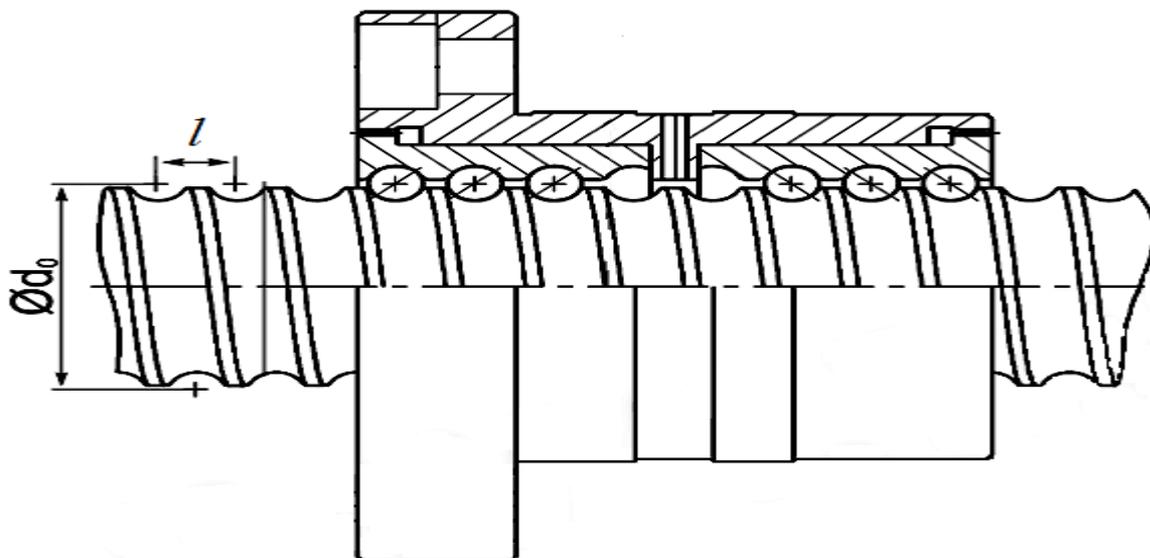


Рис.1. Параметры шарико-винтовой пары, где  $l$ -шаг винта, а  $\varnothing d_0$  – диаметр винта.

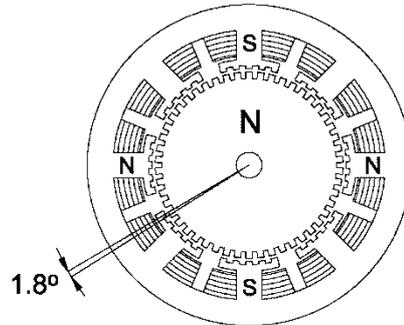
Поэтому необходимо внедрить понижающий редуктор между двигателем и шарико-винтовой парой с коэффициентом редукции  $U_{ред} = 1:5$ . Редуктор выступает как делитель углового шага приводного двигателя.

Определяем дискретность схемы с использованием понижающего редуктора. [2]

Количество шагов на один оборот вала шагового двигателя:

$$N_{\text{шаг}} = \frac{360^\circ}{\theta} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ шт.}$$

Где:  $\theta$  – угловой шаг двигателя.



Находим угол поворота гайки ШВП:

$$\theta_{\text{гШВП}} = \frac{\theta}{U_{\text{ред}}} = \frac{1,8^\circ}{5} = 0,36^\circ ,$$

Находим количество шагов двигателя необходимых для совершения одного оборота тихоходного вала:

$$N_{\text{шаг}} = \frac{360^\circ}{\theta_{\text{гШВП}}} = \frac{360^\circ}{0,36^\circ} = 1000 ,$$

Находим перемещение гайки ШВП2005 за один шаг:

$$l_{\text{шаг}} = \frac{l}{N_{\text{шаг}}} = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ мм}$$

Где:  $l$  – шаг винта ШВП.

В связи с тем, что при использовании понижающего редуктора в паре с ШВП-2005, сильно снижается скорость линейного перемещения, возникает задача повышения скорости линейного перемещения.

Поскольку требуемая величина минимального шага должна быть  $l_{\text{шаг}} \leq 0,01 \text{ мм}$ , то возможно применение ШВП с большим шагом- ШВП 2010.

Находим перемещение гайки ШВП2010 за один шаг:

$$l_{\text{шаг}} = \frac{l}{N_{\text{шаг}}} = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ мм}$$

Где:  $l$  – шаг винта ШВП.

Вывод: Данная компоновка с использованием редуктора позволяет получить дискретность 0,01 мм на шаг шагового двигателя.

Так как скорость движение рабочего органа (портала станка) ограничена предельной частотой оборотов ходового винта ШВП, для того, что бы увеличить максимальную скорость перемещения необходимо использовать компоновку привода с использованием «обратной ШВП». При этом для передачи вращения от двигателя к гайке ШВП необходима установка редуктора между двигателем и ШВП. На рисунке 2 изображена схема привода линейного перемещения где:

1-шаговый двигатель, 2-жесткая муфта, 3-быстроходный вал редуктора, 4-шестерня быстроходного вала, 5-разрезное зубчатое колесо, 6-люфтовыбирающее устройство, 7-тихоходный вал, 8-корпус редуктора, 9-радиально-упорные подшипники, 10-радиальные подшипники, 11-крышки подшипников тихоходного вала, 12-крышка подшипника быстроходного вала, 13-крышка быстроходного вала, 14-упорное кольцо, 15-гайка ШВП, 16-винт ШВП, 17-рама портала, 18- рельсовая направляющая, 19-каретки, 20-жесткие опоры ходового винта, 21- кабель питания и управления шаговым двигателем.

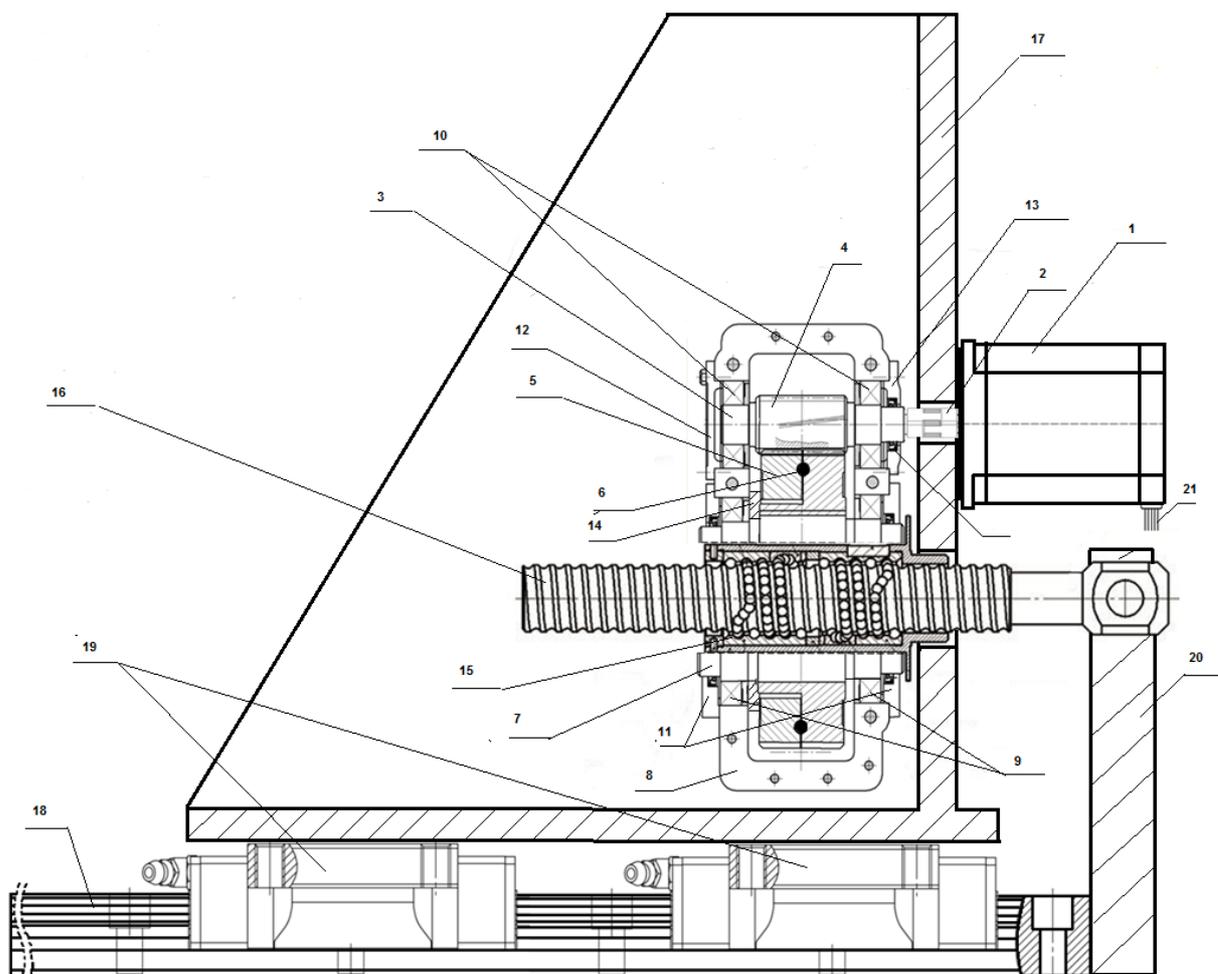


Рис.2. Схема привода линейного перемещения с использованием «обратной ШВП»

Главным достоинством такой системы является то, что скорость перемещения ограничена максимальными оборотами двигателя. Отсюда следует, что увеличить скорость перемещения можно двумя способами:

- 1) Замена шарико-винтовой пары 2005 на шарико-винтовую пару 2010.
- 2) Замена шагового двигателя с частотой оборотов 3000 об/мин. на шаговый двигатель с большей частотой оборотов.

В таблице 2 представлены технические характеристики ШВП2010.

Табл.2. Технические характеристики ШВП2010.

| Характеристика           | Величина |
|--------------------------|----------|
| Класс точности           | C1       |
| Диаметр винта, мм.       | 20       |
| Шаг ходового винта, мм   | 10       |
| Длина ходового винта, мм | 3000     |
| КПД%                     | 95       |

Максимальная частота вращения гайки ШВП:

$$n_{\max\text{гШВП}} = \frac{V_{\max}}{l} = \frac{10000}{10} = 1000 \text{ об/мин}$$

Где:

$V_{\max}$  – максимальная скорость перемещения.

$l$  – шаг винта ШВП.

Частота вращения вала двигателя:

$$n_{\text{врдв}} = n_{\max\text{гШВП}} * U_{\text{ред}} = 1000 * 5 = 5000 \text{ об/мин} ,$$

Вывод : для обеспечения заданной скорости движения портала необходимо использовать двигатель с частотой вращения :

$$n_{\text{врдв}} \geq 5000 \frac{\text{об}}{\text{ми}}$$

Исходя из полученных данных, делаем вывод, что штатный шаговый двигатель станка ВХ 2515 не подходит. Его максимальная частота вращения 3000 об/мин, а для обеспечения требуемой скорости перемещения необходим шаговый двигатель с частотой вращения 5000 об/мин. Следовательно, подбираем ближайший по частоте оборотов и крутящему моменту стандартный шаговый двигатель Festo EMMS-ST-28-L-SE. Шаговый двигатель выбран в соответствии с [4].

Выводы:

1. Предложена и обоснована концепция использования привода с компоновкой типа «обратная ШВП» для увеличения точности координатного позиционирования и увеличения скорости линейного перемещения.
2. Выполнены предварительные расчёты, подтверждающие работоспособность предлагаемого привода линейного перемещения для станка с числовым программным управлением.

Библиографический список.

1. Каталог станков с ЧПУ «SNS Step»
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х томах. Т.1. - 6е издание.1982.
3. Технический справочник шарико-винтовых передач HIWIN.
- 4.Технический справочник шаговых двигателей Stepper motors EMMS-ST 2018г.