

редача. В двухкоординатных профилишлифовальных станках (не требующих интерполяции по координате X) и в высокопроизводительных плоскошлифовальных станках в качестве привода стола используется гидропривод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.elb-america.com>.
2. <http://www.gh-grinding.com>.
3. <http://powermaster.ca/grin51.html#>.
4. <http://www.jonesshipman.com>.
5. <http://www.krasnyborets.com>.
6. [http://www.k-jung.com/indexFlash6\\_jung.htm](http://www.k-jung.com/indexFlash6_jung.htm).
7. <http://www.ROSA.IT>.
8. <http://www.danobat.com>

УДК 621.9.06:621.836

Якимович А.М., Туромша В.И., Гурецкий П.Н., Денисович М.И.

### СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Производство конкурентоспособных металлорежущих станков является в настоящее время одной из важнейших задач станкостроительной отрасли промышленности. Для этого необходимо повышение технического уровня станков и снижение затрат при их производстве и эксплуатации. В этой связи актуальной является задача совершенствования систем линейных перемещений (СЛП) станков.

Современные СЛП должны обеспечивать:

высокую скорость линейных перемещений – до 2...10 м/с;

снижение затрат, связанных с проектированием, изготовлением, сборкой, отладкой и эксплуатацией оборудования;

надежность в процессе эксплуатации;

высокую точность перемещения узлов станка.

Большинство производителей станков решают эти проблемы путем замены в СЛП пар скольжения на пары качения. Ведущие фирмы: «Bosch Rexroth», «SKF», «HIWIN», «ТНК», «Micron», «INA» и др. предлагают станкостроителям высокоточные и высокоскоростные системы на базе направляющих качения, линейных модулей, шариковых и роликовых винтовых пар и др.

В состав большинства СЛП (рис.1) современного металлообрабатывающего оборудования входят: линейные направляющие, представляющие собой шину 1 и каретки 2, перемещающиеся в продольном направлении. Каретки крепятся к столу (суппорту), который приводится в движение с помощью шариковой или роликовой винтовой передачи 3.

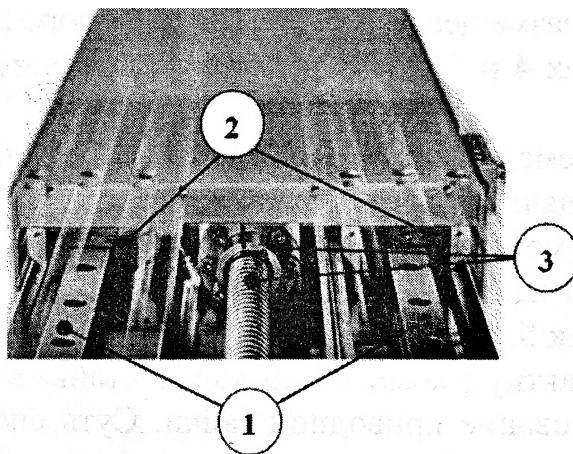


Рис.1. Устройство системы линейного перемещения станка

В производственной программе концерна «Bosch Rexroth» линейные направляющие качения представлены четырьмя типами (рис.2) [1,2]:

- а) – цилиндрическими шариковыми направляющими (направляющими с шариковыми втулками);
- б) – рельсовыми шариковыми направляющими (направляющие с шариковыми каретками);
- в) – рельсовыми роликовыми направляющими (направляющими с роликовыми каретками);
- г) – рельсовыми направляющими с каретками на роликах с закрепленными осями (направляющими на кулачковых роликах).

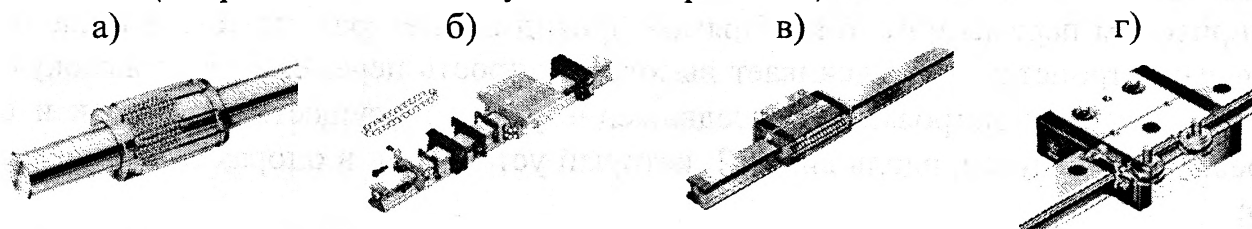


Рис.2. Направляющие качения: а, б –шариковые; в,г –роликовые

Направляющие качения обеспечивают рабочую скорость от 2,0 до 10 м/с, ускорение от 50 до 250 м/с<sup>2</sup>, динамическую грузоподъемность от 180 до 980000 Н, статическую грузоподъемность от 140 до 2000000 Н. При повышенных требованиях к точности позиционирования в направляющие шины шариковых и роликовых рельсовых направляющих могут встраиваться линейные измерительные системы. В этом случае совмещаются направляющая и измерительная функции. В большинстве случаев каретки изготавливаются из стали, а там, где

имеются проблемы с весом, рекомендуются каретки из алюминия. Таким образом, обеспечиваются все требования станкостроения к СЛП, в том числе в плане повышения точности и производительности станков.

В системах линейного перемещения применяются следующие способы передачи движения (рис.3):

а) – напрямую от серводвигателя **1** к винту шариковой винтовой передачи **3** через муфту, размещенную в монтажной опоре **2**. Винт закреплен на подшипниковых опорах **4** и **5**. Движение стола передается через гайку закрепленную к корпусу **6**;

б) – через ременную передачу **2,3** от серводвигателя **1** к винту шариковой винтовой передачи **6**, установленному в опорах **7,8**. Движение стола с заготовкой или инструментом передается через гайку закрепленную к корпусу **9**. Ременная передача находится в компактном герметичном кожухе, состоящем из рамы **4** и крышек **5**. Благодаря этому способу передачи движения можно получить более компактную компоновку узла и станка в целом;

в) – использование приводной гайки. Суть способа заключается в том, что двигатель **1** через зубчато-ременную передачу **2,3** передает вращение на шкив **4** установленный на приводной гайке **5** шариковой винтовой передачи. Приводная гайка **5**, вращаясь, перемещается вдоль винта **6**. Концы последнего установлены в опорах **7** и закреплены неподвижно гайками **8**. Как и в ранее рассматриваемом случае ременной механизм находится в герметичном кожухе **9 – 11**, обеспечивающим крепление двигателя и приводной гайки и защиту ремня. Движение стола передается через закрепленный к приводной гайке **5** корпус;

г) – использование унифицированного приводного узла «Rexroth MNS 40». Данный узел разработан концерном «Bosch Rexroth» (Германия) и представляет собой комбинацию шарикового винтового привода с цифровым сервоприводом переменного тока. Прямой привод от электродвигателя к механическим устройствам обеспечивает высокую скорость перемещения и высокую точность позиционирования. Передвижение узла **1** осуществляется, как и в предыдущем случае, вдоль винта **2**, который установлен в опорах **3** неподвижно;

д) – в конструкцию приводного узла «Rexroth MNS 40» входят: сервопривод **1**, тормоз **2**, подшипники качения **3**, датчик угла поворота **4** и шариковая гайка **5**. Винт **6** может быть выполнен полым для охлаждения узла во время работы;

е) – применение роликовых винтовых механизмов, приводимых в движение с помощью планетарной передачи [3]. Основные характеристики рассматриваемого узла:

высокая долговечность;

способность передавать линейную скорость до 1,5 м/мин;

высокая нагрузочная способность и малая мощность привода.

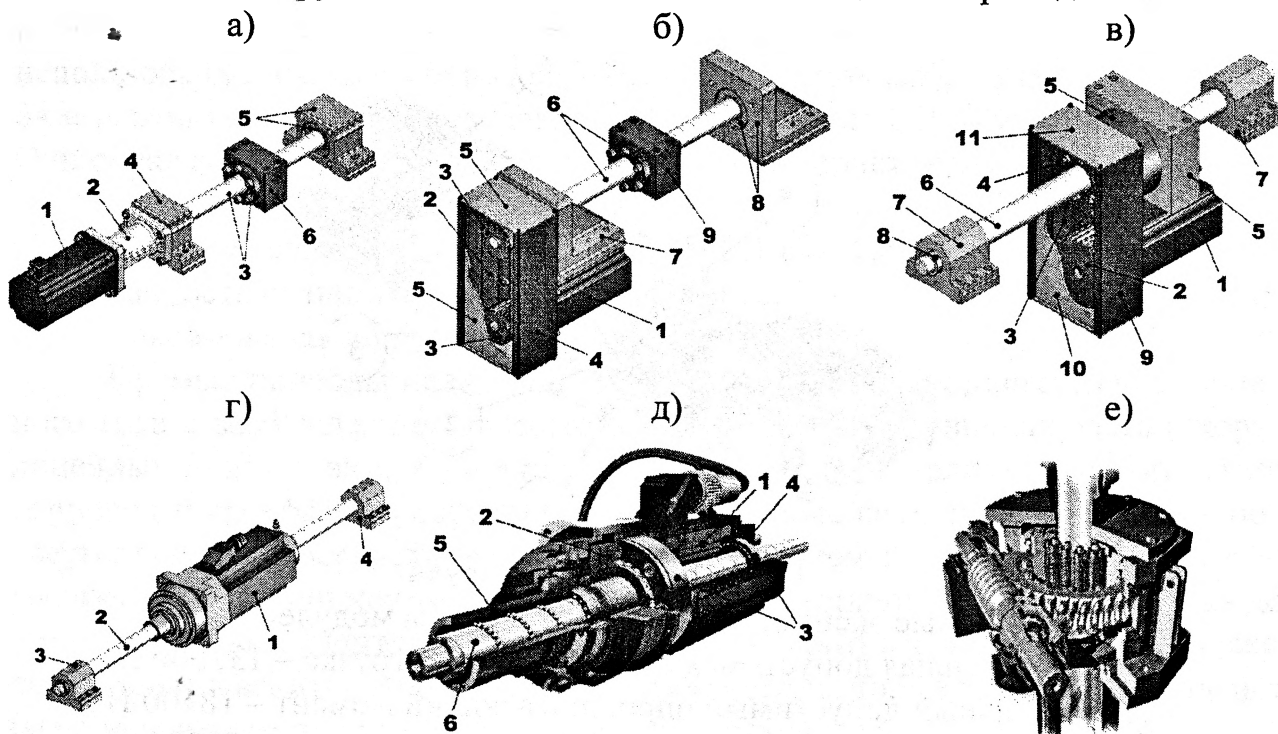


Рис.3. Способы передачи движения в системах линейного перемещения

В настоящее время многие производители станков применяют модульный принцип проектирования для снижения затрат, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией оборудования, т.е. конструкция машины рассматривается, как состоящая из отдельных, заранее собранных и отлаженных систем и узлов.

Типичным примером модульной конструкции является комплектная линейная ось, т.е. готовая к монтажу прецизионная система линейного перемещения, сочетающая в себе высокую производительность и компактную надежную конструкцию.

Линейный модуль ТКК концерна «Bosch Rexroth» предназначен для точного машиностроения и станкостроения. Он представляет собой готовое изделие (рис.4), не требующее никаких дополнительных операций по сборке или отладке, смонтирован на стальном или алюминиевом основании 1 две рельсовые направляющие качения 2 с четырьмя шариковыми каретками 3, на которых жестко закреплен рабочий стол 4. Привод стола осуществляется установленной на том же основании, что и направляющие, шариковой винтовой парой 5. Дополнительно модуль может оснащаться гофрированной защитой 6, датчиками положения и измерительной системой. Кроме этого, каждый модуль может комплектоваться электродвигателем с системой управления. Производятся восемь модификаций модуля и четыре типоразмера стола и направляющих.

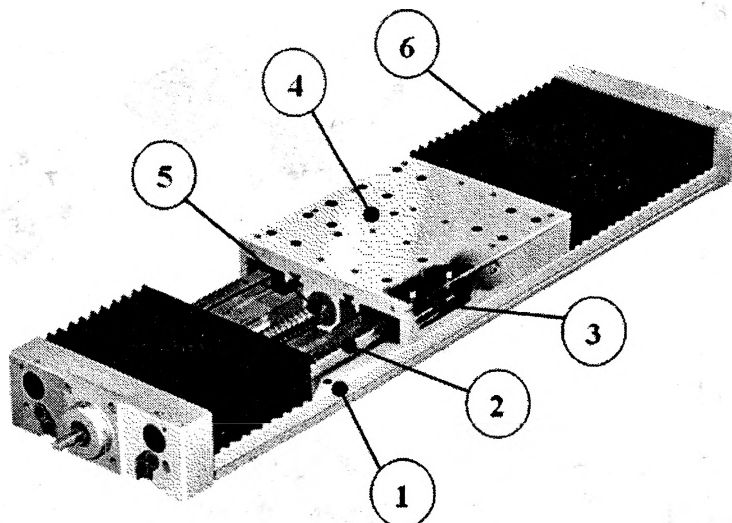


Рис.4. Линейный модуль

Основные эксплуатационные параметры модулей ТКК:

- максимальная допустимая динамическая нагрузка – 132500 Н;
- максимальный допустимый опрокидывающий момент – 18100 Н·м;
- максимальный допустимый изгибающий момент – 19800 Н·м;
- максимальная допустимая масса нагрузки – 2500 кг;
- точность позиционирования – 0,01 мм;
- повторяемость – 0,005 мм;
- линейная скорость перемещения – до 96 м/мин

Благодаря наличию переходных пластин и специального крепежа имеется возможность сборки на базе модулей ТКК крестовых столов для применения в металлорежущих станках различных типоразмеров и исполнения.

В последнее время для систем линейных перемещений созданы рельсовые направляющие криволинейного типа [4], что облегчает решение многих технических задач при конструировании современного оборудования.

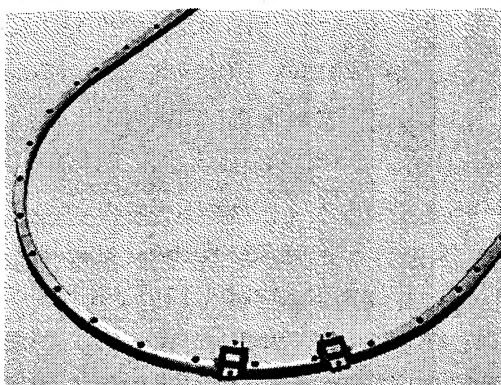


Рис.5. Криволинейные профильные рельсовые направляющие

Продолжая рассматривать СЛП, можно выделить еще одно современное, направление передачи движения рабочим органам технологических машин – использование прямых приводов (линейных двигателей). Прямые приводы на базе шаговых и синхронных двигателей производит СП «Рухсервомотор» [5]. Они обладают следующими техническими характеристиками:

- длина перемещения – до 5 м;
- пиковое усилие (момент) – до 9400 Н (21000 Н·м);
- точность позиционирования – до 0,1 мкм;
- максимальная линейная скорость – до 6 м/с.

Прямые приводы построены на основе синхронных двигателей переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Первичная часть (якорь в линейных двигателях либо статор в поворотных двигателях) содержит магнитопровод и трехфазную систему обмоток, которые соединены в звезду либо в треугольник. Посредством магнитной системы создается линейно-распределенное или круговое магнитное поле. Вторичная часть (магнитная дорога в линейных двигателях либо ротор в поворотных двигателях) содержит постоянные магниты чередующейся полярности, которые за счет взаимодействия с магнитным полем первичной части обеспечивают тяговое усилие.

С точки зрения электромеханического преобразования энергии линейные двигатели можно разделить на:

- плоские линейные двигатели синхронные и асинхронные;
- П-образные (пазовые) линейные двигатели;
- цилиндрические линейные двигатели.

Преимущества прямого привода:

высокая динамика, жесткость, точность и надежность, обусловленные отсутствием механической трансмиссии (шариковых винтовых передач, редукторов, зубчатых ремней и реек);

низкое реактивное усилие за счет оптимальной конструкции магнитной системы;

широкий диапазон регулирования скорости;

высокие тяговые характеристики во всем диапазоне скоростей;

компактная конструкция;

отсутствие необходимости техобслуживания, высокая степень защиты;

возможность охлаждения первичной части, обеспечивающая отсутствие тепловых деформаций в прецизионных станках.

возможность встраиваемого исполнения, обеспечивающая оптимальную конструктивную интеграцию.

Таким образом, можно утверждать, что СЛП способны существенно снизить затраты производителей технологического оборудования, так как являются простыми в установке и обслуживании, имеют высокие эксплуатационные свойства и обеспечивают безотказную работу в течение длительного срока.

Широкий ассортимент систем линейного перемещения позволяет подобрать подходящие решения для любой технической задачи. Независимо от вида нагрузки и режима эксплуатации системы, СЛП хорошо зарекомендовали себя в качестве основных комплектующих оборудования для различных сфер деятельности, где производительность и непрерывность производства имеют определяющее значение.

\* Рисунки и технические характеристики систем линейных перемещений публикуются с разрешения фирм «Bosch Rexroth» и «SKF».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базовые механические элементы 9.0. Каталог фирмы Rexroth.
2. Электронный ресурс: [www.boschrexroth.by](http://www.boschrexroth.by)
3. Электронный ресурс: [www.skf.com](http://www.skf.com)
4. Электронный ресурс: [www.thk.de](http://www.thk.de)
5. Электронный ресурс: [www.ruchservomotor.com](http://www.ruchservomotor.com)

УДК 621.785.5

Ситкевич М.В., Старовойтова Е.М.

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ И ОБМАЗОК ДЛЯ ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ БОР- УГЛЕРОД-АЗОТ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

На промышленных предприятиях используются сотни видов деталей оборудования, инструмента, техоснастки, преимущественной причиной выхода из строя которых является преждевременное изнашивание, замедлить которое можно используя химико-термическую обработку (ХТО).

Наиболее сильно повышается износостойкость рабочих поверхностей деталей после процессов борирования, хромирования, боросилицирования, борохромирования в результате осуществления которых в поверхностных слоях формируются сверхтвердые бориды железа, карбиды хрома. Данные процессы