

ного движения, вектор которого параллелен вектору угловой скорости шлифовального круга (рис. 4, а), и в способе с перемещением шариков по прямолинейным траекториям (рис. 4, б). Кроме того, в обоих способах осуществляется дополнительное верчение шариков вокруг осей, направленных по касательным к траекториям движения шариков за счет гироскопического момента.

Проскальзывание поверхности шарика относительно шлифовального круга, а следовательно, и процесс резания осуществляются за счет инерционного момента, который стремится сохранить прежнее направление оси вращения шарика, а силы трения (резания) в зоне контакта его со шлифовальным кругом будут стремиться придать шарикам новое направление оси вращения. Поэтому происходит постоянное изменение соотношения этих моментов, в результате чего интенсивность съема припуска периодически изменяется. Частота этого изменения зависит от скорости вращения шлифовального круга  $\omega_{кр}$ , которая влияет на инерционный момент, и от скорости вращения шариков  $\omega_e$  по круговой траектории или от линейной скорости движения шариков  $V_e$  при прямолинейной траектории их движения.

*УДК 621.822.71.002:65.011.56*

**И.П.ФИЛОНОВ, канд. техн. наук (БПИ),  
Л.А.ОЛЕНДЕР, канд. техн. наук (МРТИ),  
А.Х.БУКЕНГОЛЬЦ (БПИ)**

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ ШАРИКОВ**

В настоящее время создание новых моделей станков для обработки шариков повышенной жесткости и точности, инструментов высокой стойкости привело к тому, что в роли доминирующих факторов, порождающих погрешности обработки, оказались случайные факторы и в первую очередь колебание припуска и твердости материала шариков, изменение глубины резания и температуры, затупление режущего инструмента. В отличие от традиционных способов обработки деталей особенностью процесса элеваторной обработки шариков, применяемого практически на всех заводах подшипниковой промышленности, является непостоянство количества шариков, находящихся в рабочей зоне под прижимным диском, что также приводит к колебаниям как силовой нагрузки, действующей на один шарик, так и температуры в зоне резания.

Одним из путей совершенствования процесса обработки шариков является адаптивное управление, основанное, как правило, на существующих корреляционных связях между такими показателями качества шариков, как разноразмерность, овальность, гранность, волнистость поверхности, и технологическими параметрами при их обработке (давление прижима, частота вращения диска, глубина рабочих дорожек).

Особенно большое значение для повышения производительности обработки шариков имеет управление количеством шариков, поступающих в рабочую зону (в станках для обработки шариков мод. МШ-33М, ВШ-314М коэффициент загрузки не достигает даже 0,5).

Управление количеством шариков, поступающих в зону обработки, повышает производительность процесса путем обеспечения постоянной максимально допустимой загрузки зоны обработки станков. Следует отметить также, что поддержание постоянного количества шариков в зоне обработки обеспечивает стабилизацию силовой нагрузки на каждый шарик и температуры в зоне резания. На рис. 1 приведено устройство автоматического управления количеством шариков, поступающих в зону обработки.

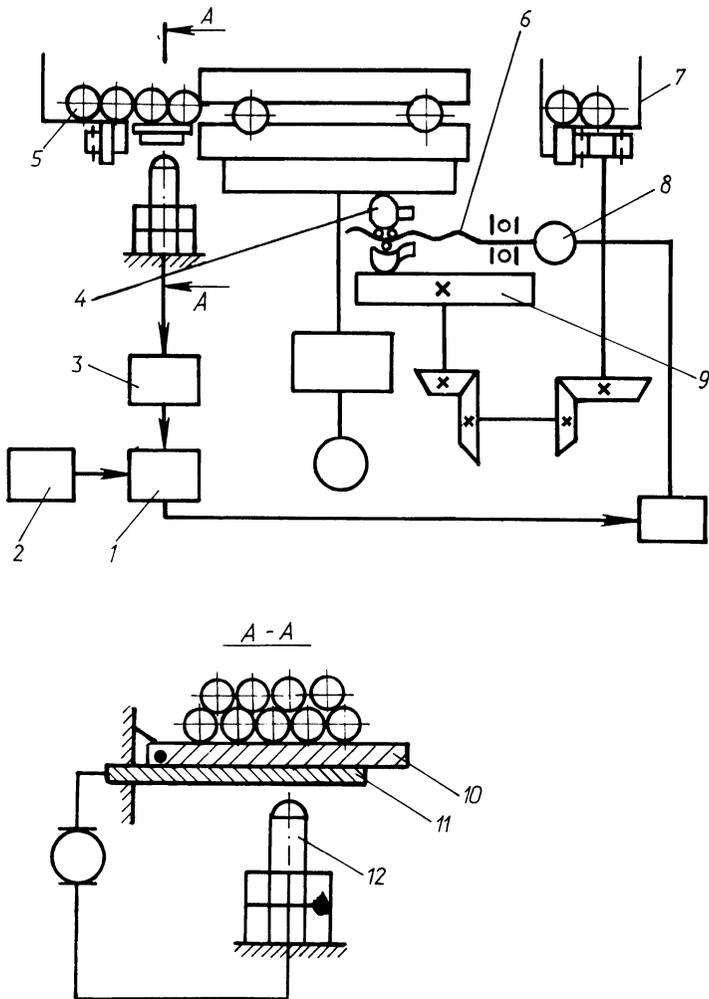


Рис. 1. Устройство автоматического управления количеством шариков, поступающих в зону обработки

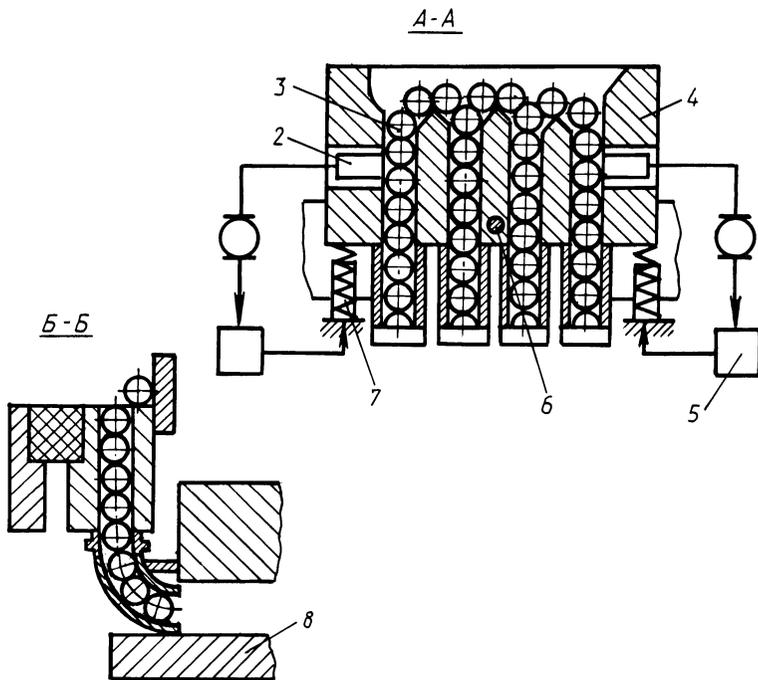
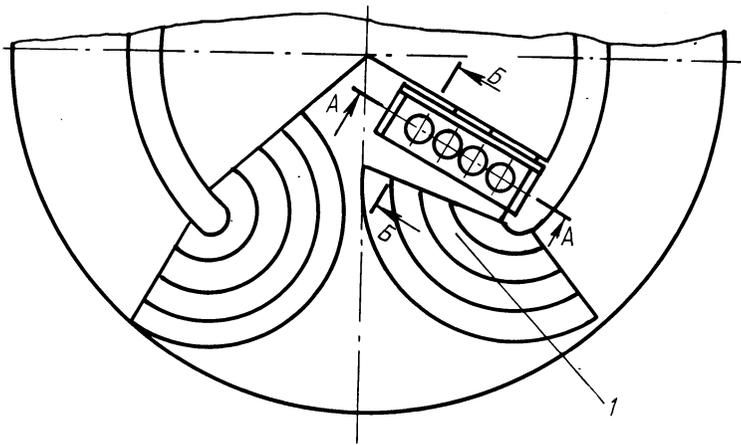


Рис. 2. Устройство управления количеством шариков, поступающих в различные дорожки инструментального диска

В процессе обработки шарики 5 попадают из элеватора 7 на шарнирно закрепленное основание 10 и в зависимости от веса, определяющего количество шариков, изменяют зазор между упругой пластиной 11 и токопроводящим стержнем 12. При изменении зазора вырабатывается электрический сигнал, который через усилитель 3 поступает в блок сравнения 1, где он сравнивается с числом импульсов от датчика 2, и сигнал рассогласования поступает в шаговый двигатель управления 8. При поступлении сигнала шаговый двигатель поворачивает ходовой винт 6 и перемещает в осевом направлении входное звено 4 вариатора, изменяя тем самым скорость выходного звена 9 и, следовательно, скорость элеватора 7. Изменение скорости элеватора приводит к изменению количества шариков, поступающих в зону обработки.

Важным резервом повышения производительности обработки шариков является надежное обеспечение заполнения всех рабочих дорожек вращающегося диска. Как показали исследования, проведенные на станках МШ-33М и ВШ-314М, коэффициент заполнения зависит от рабочего давления, частоты вращения дисков, конструкции станка. Существующие конструкции загрузочных устройств не обеспечивают надежного заполнения всех дорожек инструментального диска.

На рис.2 представлено устройство управления количеством шариков, поступающих в различные дорожки инструментального диска. Устройство работает следующим образом. При кинематическом замыкании шариков 3 в загрузочно-распределительном устройстве 4 они непрерывно поступают из направляющего лотка 1 через загрузочно-распределительное устройство 4 в рабочие дорожки инструментального диска 8. При отсутствии шариков в одном из крайних каналов загрузочно-распределительного устройства, например в периферийном, фотоэлектрический преобразователь 2 вырабатывает сигнал, который через усилитель 5 поступает к электромагниту 7. Электромагнит, воздействуя на загрузочно-распределительное устройство 4, поворачивает его на оси 6, что ведет к перераспределению шариков в загрузочно-распределительное устройство от центра к периферии и обеспечивает кинематическое замыкание шариков в периферийном канале.

Это устройство управления повышает производительность процесса за счет работы станка с постоянным заполнением рабочих дорожек инструментального диска. Для повышения производительности процесса обработки шариков очень важным является поддержание постоянной скорости относительного движения шариков в рабочих дорожках подвижного инструмента. Она зависит от значения так называемого кинематического радиуса  $r_k$  (рис. 3), который представляет собой расстояние от оси обрабатываемого шарика до мгновенной оси вращения его в относительном движении. В процессе обработки вследствие износа постоянно происходит увеличение глубины рабочих дорожек  $E$ , а следовательно, изменяется положение мгновенной оси вращения шариков, что ведет к снижению производительности.

На рис. 3 представлено устройство управления, обеспечивающее поддержание постоянной глубины рабочих дорожек. Это устройство устанавливается на кронштейнах 3 в зоне между входом и выходом шариков из-под прижимного диска. В начальный момент обработки ролик 10 измерительного устройства вводится во впадину 8 рабочей дорожки подвижного инструмента 2, а правящее устройство при этом устанавливается так, что обеспечивает мини-

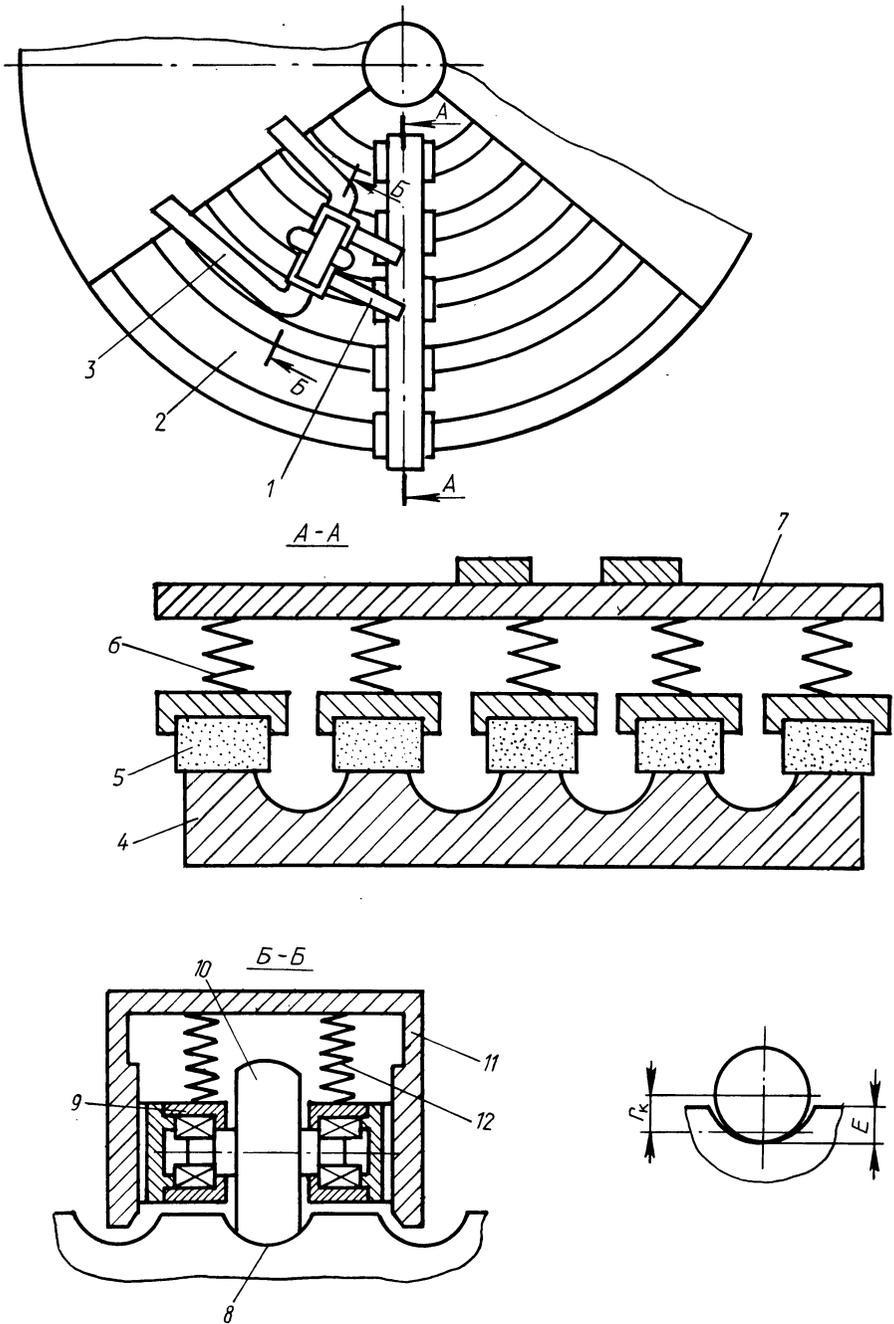


Рис. 3. Устройство управления, обеспечивающее постоянную глубину рабочих дорожек инструментального диска

мальный зазор между правящими инструментами 5 и выступами рабочих дорожек 4. В процессе обработки по мере износа и увеличения глубины пружины 12, воздействуя на корпус 9 измерительного устройства, перемещают его по шлицам рамы 11 и обеспечивают поджим ролика 10 к впадине 8 инструмента 2. Перемещаясь вниз, корпус 9 при помощи рычагов 1 воздействует на прижимную пластину 7 правящего устройства, которая через пружины 6 прижимает правящие инструменты 5 к выступам 4 рабочих дорожек, обеспечивая тем самым уменьшение высоты выступов рабочих дорожек на величину, соответствующую перемещению ролика 10. Таким образом обеспечивается постоянная в процессе обработки глубина рабочих дорожек инструмента.

Все вышеуказанные устройства автоматического управления могут быть встроены при модернизации в существующие станки для обработки шариков мод. ВШ-314М и МШ-33М.

*УДК 531.72:62–231.1*

**В.А.ДАНИЛОВ, канд. техн. наук (НПИ)**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ РЕГИСТРИРУЮЩИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Совершенствование методов и средств контроля сложных поверхностей, например винтовых, имеет важное практическое значение, поскольку от соответствия фактических и проектных значений их геометрических параметров существенно зависят технико-экономические параметры машин.

Заслуживает внимания метод контроля винтовых поверхностей лопастных изделий регистрирующими приборами, основанный на непрерывном измерении и автоматической записи формы, размеров и относительного расположения отображений профилей сечений контролируемой поверхности и сравнении их с проектными. Он позволяет определять геометрические параметры отдельных сечений (шаг, длину и др.), их погрешности, а также идентичность и взаимное расположение сечений различных лопастей изделия. Регистрирующие приборы, обладая достаточной точностью, отличаются от других измерительных средств большей универсальностью по одновременно контролируемым параметрам и высокой степенью наглядности результатов измерений.

Метод контроля регистрирующими приборами относится к косвенным методам, поэтому его точность существенно зависит от передаточного отношения между контролируемой и искомой величинами, т.е. от коэффициентов преобразования координат точек винтовой поверхности в координаты отображений этих точек на чертеже, определяющих значение линейного масштаба записи контролируемых сечений.

Значения коэффициентов задаются функцией преобразования координат и обеспечиваются кинематикой прибора, поэтому при проектировании необходимо знать функциональную связь этих коэффициентов с погрешностью измерения. Рассмотрим эту задачу применительно к приборам, кинематика которых преобразует цилиндрические винтовые линии в плоские спирали в соответствии с уравнениями