

# АДАПТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМАХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

**П**ри проведении многих физических экспериментов необходимо обеспечить перемещение исследуемых объектов или оптических элементов (ОЭ) с минимальными угловыми отклонениями их рабочих плоскостей. Особенно актуально это требование в задачах настройки таких ОЭ, как габаритные и массивные дифракционные решетки вакуумных компрессоров в фемтосекундных петаваттных лазерах.

Для прецизионных систем перемещения наиболее подходят направляющие с использованием элементов качения – шариков или роликов, обеспечивающих минимальное трение и единичное перемещение и высокую плавность хода при наименьших отклонениях. Большая часть самостоятельно оформленных устройств линейного перемещения (трансляторов) выполнена по закрытой схеме с силовым замыканием. Силовое замыкание позволяет выбирать зазор в подшипниках и осуществлять предварительный натяг, что увеличивает жесткость системы перемещения и уменьшает возможные отклонения. В каталогах большинства производителей оптико-механических узлов (Thorlabs, Newport, PI, Standa и другие) для отдельно выполненных прецизионных систем линейного перемещения (трансляторов) приведенные угловые отклонения составляют как минимум несколько десятков микроградусов. Для подавляющего количества применений такие угловые отклонения являются пренебрежимо малыми. Однако в крупных лазерных комплексах [1] такие угловые отклонения дифракционных решеток при перемещении приводили к расстройке компрессора и, соответственно, к удлинению и искажению оптического импульса.

В процессе создания фемтосекундных лазерных комплексов была разработана методика автоматизированного контроля угловых отклонений [2] на основе автоколлимационного метода с применением лазерного источника излучения и ПЭС-матрицы в качестве контрольного элемента, было проведено большое количество тестирований систем переме-

щения. Угловые отклонения относительно оси перемещения элементов качения были существенно больше угловых отклонений относительно перпендикулярных ей осей – горизонтальной и вертикальной. Объяснение этому факту можно дать при рассмотрении технологических особенностей производства направляющих качения: контролировать в опорных планках углы для элементов качения с высокой точностью практически невозможно.

Основной причиной возникновения микроотклонений для направляющей перемещения в сборе можно считать непараллельность в пространстве осей перемещения элементов качения. Был предложен способ компенсации микроотклонений путем микроизгиба всей направляющей для прямоли-

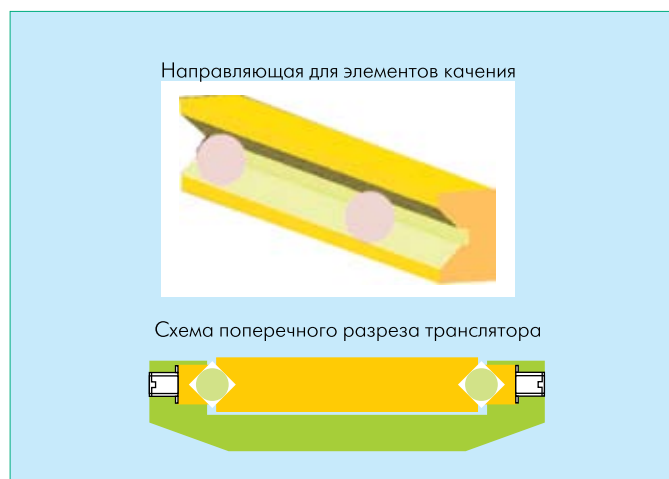
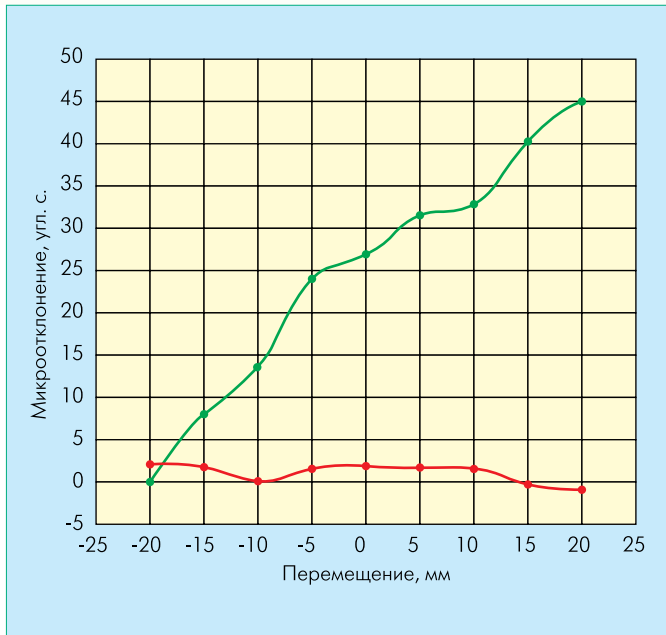


Рис. 1 Появление микроотклонений в системах перемещений



**Рис. 2** Зависимость микроотклонений в угловых секундах от перемещения, мм при перемещении на 40 мм до компенсации (максимальное значение 45 секунд) и после (максимальное значение не более 3 секунд)

нейного перемещения в пределах линейного участка зависимости смещений от нагрузки. Для обеспечения микроизгиба по всей длине направляющей были распределены адаптивные элементы см рис.1. Процедура компенсации микроотклонений состоит из нескольких итераций – вариантов микроизгиба направляющей при постоянном контроле микроотклонений. В результате подбора компенсирующей нагрузки в адаптивных элементах в целой серии трансляторов удалось уменьшить угловые отклонения до единиц угловых секунд, см рис.2. Проведенные эксперименты показали, что элементы качения – шарики позволяют регулировать направляющие

прямолинейного перемещения лишь при небольших угловых отклонениях (до 100 микро радиан или до 20 угловых секунд). При использовании роликов в качестве элементов качения возможны увеличение нагрузки на систему перемещения и компенсация больших угловых микроотклонений (до 300 микро радиан). Настоящее устройство прецизионного перемещения запатентовано в РФ [3]. Совершенно аналогичным образом возможно корректировать отклонения оси вращения для систем прецизионного вращения [4].

В Институте Прикладной Физики РАН разработан целый ряд систем линейных перемещений для настройки оптических установок согласно общепринятым технологиям изготовления направляющих.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Lozhkarev V.V., Freidman G.I., Ginzburg V.N., Katin E.V., Khazanov E.A., Kirsanov A.V., Luchinin G.A., Mal'shakov A.N., Martyanov M.A., Palashov O.V., Poteomkin A.K., Sergeev A.M., Shaykin A.A., Yakovlev I.V. Laser Physics Letters, 4, 421-427 (2007).
2. Кирсанов А.В., Бармашова Т.В., Зеленогорский В.В., Потемкин А.К. Автоматизированный двухкоординатный автоколлиматор для измерений малых угловых отклонений, Приборы и техника эксперимента, 2009, № 1, с.1-4
3. Кирсанов А.В. «Устройство для прецизионного линейного перемещения оптических элементов», Патент на изобретение № 2348952 по заявке № 2007114671/28 от 18.04.2007 г.
4. Кирсанов А.В. «Устройство для прецизионного вращения оптических элементов», Патент на изобретение № 2365950 по заявке на изобретение № 2008100334/28 от 09.01.2008 г.