



Рис. 13. Образец № 5 с проставленными толщинами, ширина у вершины составляет 47,74 мм, посередине наклонной грани 47,78 мм, у основания наклонной грани 47,94 мм.

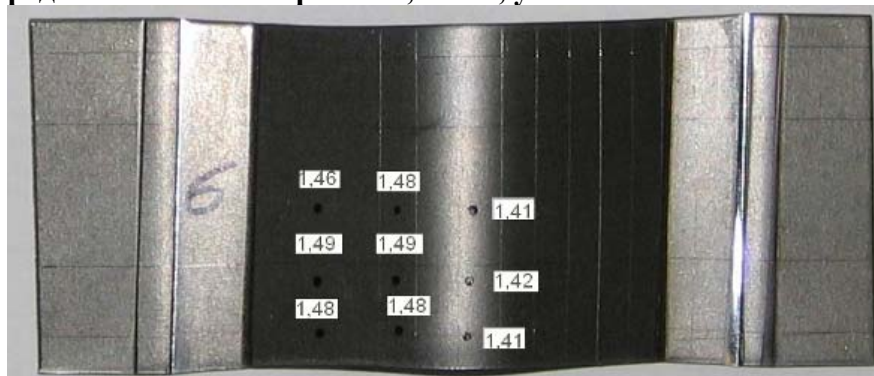


Рис. 14. Образец № 6 с проставленными толщинами, ширина у вершины составляет 47,18 мм, посередине наклонной грани 46,99 мм, у основания наклонной грани 47,41 мм.

Выводы

Как видно из сопоставления экспериментальных и расчетных данных, прослеживается четкая тенденция максимального утонения обтягивающего материала на его вершине. Это обстоятельство обусловлено тем, что силовой фактор, вызванный граничными условиями, связанными с трением заготовки об инструмент, сдерживает течение материала по ширине. В связи с тем, что контакт заготовки с цилиндрической образующей инструмента значительно меньше, чем по ширине, то растяжение волокон идет в основном за счет уменьшения толщины листа.

Опыт создания и внедрения в промышленность полных комплексных систем вакуумного оборудования (основанных на устройствах и элементах исключаящих трение движения и предназначенных для работы в области микро и нанoeлектроники и других высоких технологий)

к. т. н., доц. Васин В.А,
МИЭМ (ТУ)

Развитие и совершенствование новых технологических процессов предъявляет новые, и ужесточает действующие требования к оборудованию. Так, для микро- и нанoeлектроники максимальные размеры частиц загрязнения в технологической среде составляют 0,005-0,008 мкм. при топологических размерах микросхемы 0.045-0.065 мкм. (® INTELL, Taiwan Semiconductor Manufacturing).

Устранить генерацию микрочастиц износа трущихся пар возможно только в случае их полного исключения в конструкциях функциональных механизмов. Одной из таких возможностей является создание различных исполнительных устройств и систем с использованием принципа управляемой упругой деформации, при которой эффект функционирования механизмов создаётся в результате внутреннего трения.

Данный комплекс направлений впервые в мировой практике предложен и разработан до промышленного применения авторами.

Механизмы этого типа основаны на использовании герметичных полых трубчатых элементов различного геометрического очертания (приводов) различной формы нормального поперечного сечения и ориентации друг относительно друга в составе законченного устройства или системы.

Для приведения в действие приводов в каждый из них независимо подаётся газообразный или жидкий энергоноситель, создающий в герметичной полости приводов необходимое давление для деформации их в упругой области. Величиной создаваемых давлений и соответственно деформацией легко управлять.

1. Примеры конструкций, выполненных на основе приводов управляемой упругой деформации

Исключительно простой является конструкция устройства захвата пластин (рис. 1). Подбирая определенным образом диаметр D_1 приводного элемента, можно удерживать пластины различного диаметра D . Захват и перенос пластин может осуществляться как в атмосфере, так и в вакууме.

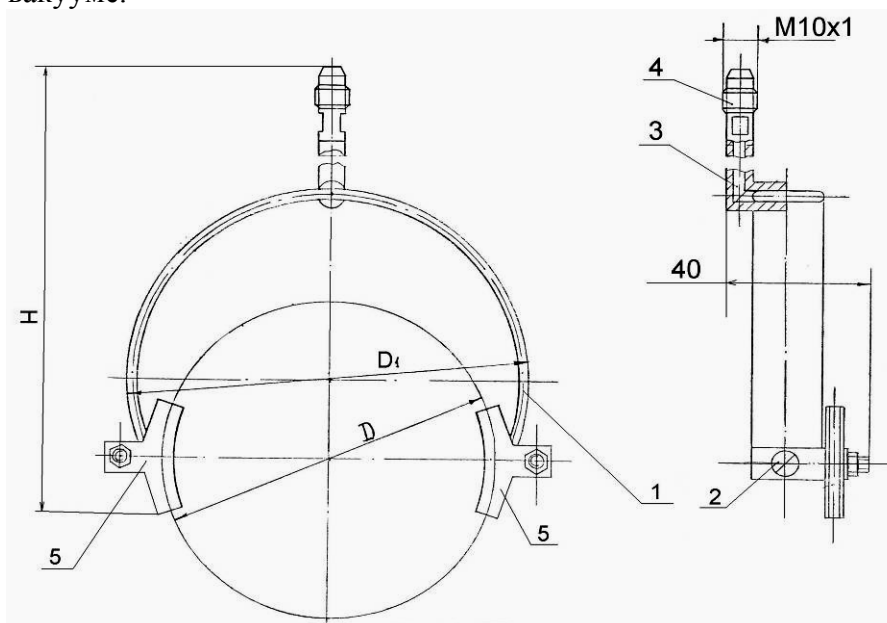


Рис. 1. Устройство захвата пластин.

Привод захвата состоит из приводного элемента 1 с плоскоовальной формой нормального поперечного сечения. Свободные концы приводного элемента загерметизированы заглушками. К заглушкам крепятся винтами 2 сменные зажимные губки 5. Сжатый воздух в приводные элементы подается через трубопровод 3 и штуцер 4. При этом дуги приводных элементов раскрываются, и в зону их действия вводится пластина. При сбрасывании давления губки сходятся и удерживают кромки пластины (например, кремниевой) с малым усилием сжатия, что гарантирует ее неповреждаемость. Размеры губок должны охватывать края пластины в пределах угла $\alpha = 15-20^\circ$ по обе стороны главной оси, обеспечивая при этом возможность манипулирования ею в любом положении. Штуцер 4 и трубопровод 3 герметично соединены с приводом методом лазерной сварки.

На рис. 2 приведена конструкция бескорпусного вакуумного прямопролетного клапана двустороннего действия для герметичного перекрытия последовательно соединенных вакуумных камер в шлюзовых устройствах, например, камер источника электронов и приемной технологической камеры в электронно-лучевом и др. вакуумном оборудовании для перекрытия малых газовых потоков на уровне $10^{-7} \text{ м}^3 \text{ Пас}^{-1}$. И на рис. 3. приведена его фотография.

Уплотнительный узел 5 состоит из двух сильфонов, переходной втулки и фланцев с уплотнителем.

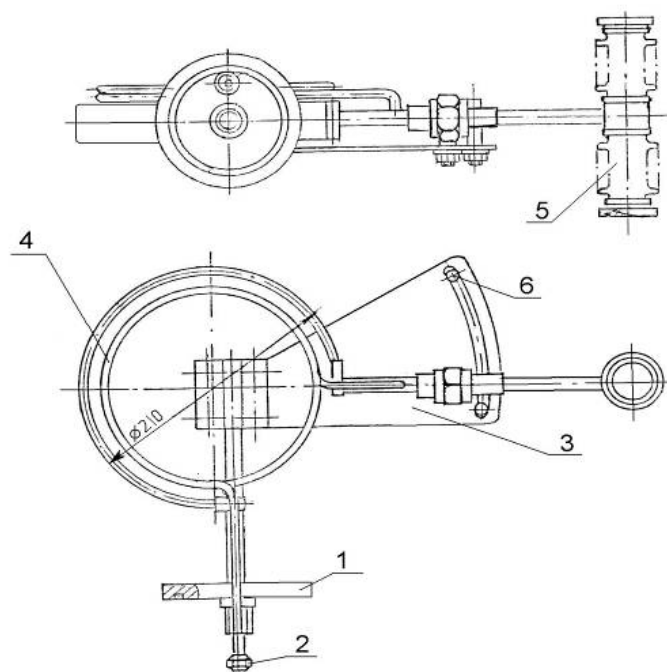


Рис. 2. Схема бескорпусного вакуумного прямопролётного клапана.

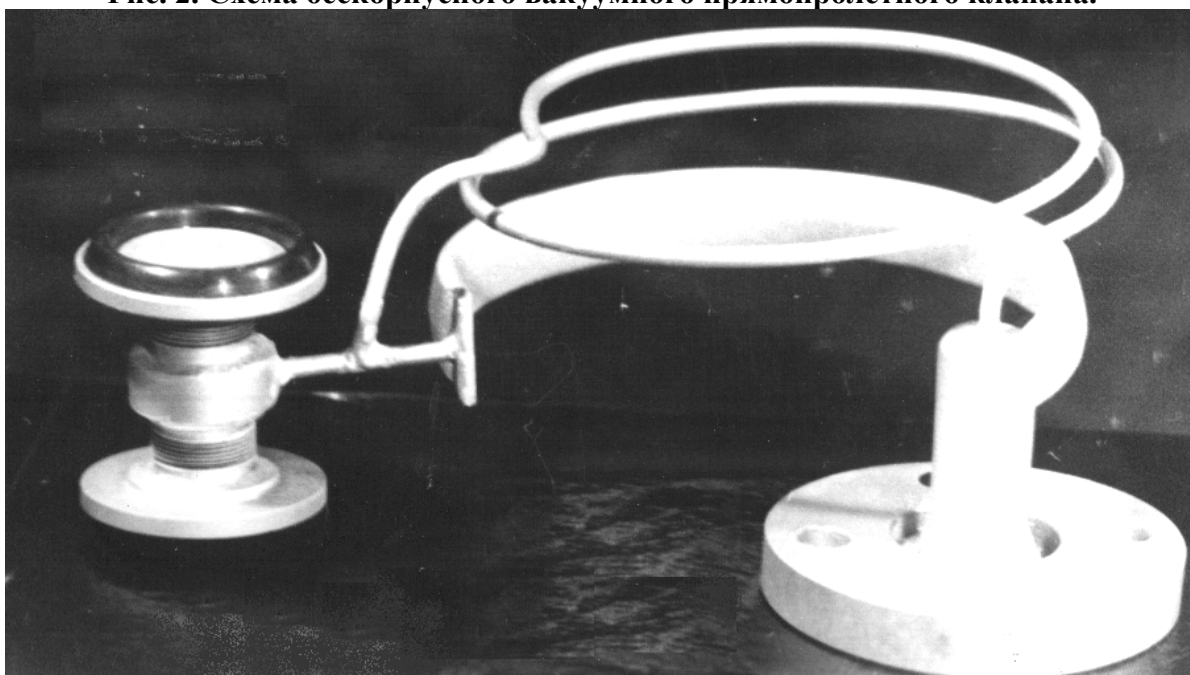


Рис. 3. Внешний вид бескорпусного вакуумного прямопролётного клапана.

При этом сжатый воздух в привод перемещения уплотнительного узла подается через штуцер 2 фланца 1, а во внутреннюю полость клапана для одновременного перемещения сильфонов и создания усилия уплотнения через трубку 4, в которой предусмотрен спиральный участок для компенсации углового перемещения уплотнительного узла. При этом подача и сброс сжатого воздуха осуществляется независимо по заданной программе. Положение уплотнительного узла ограничивается упорами 6, установленными на кронштейне 3.

Конструкция бескорпусного вакуумного щелевого затвора комбинированного типа приведена на рис. 4, в котором так же, как и в предыдущем случае (рис. 2) перемещение уплотнительного узла осуществляется приводом управляемой упругой деформации (в данном случае приводом замкнутого контура), а уплотнение — сильфонами. Затвор этого типа позволяет герметизировать газовые потоки на уровне $10^{-7} \text{ м}^3 \text{ Пас}^{-1}$.

При этом внутреннее свободное пространство привода замкнутого контура позволяет

свободно передавать изделия в вакуумную технологическую камеру специальными манипуляторами в момент открытия щели. Усилие уплотнения, передаваемое на планку с уплотнителем, создается четырьмя сильфонными прижимами. Планка закреплена на гибкой подвеске для компенсационной развязки в момент прижима планки. Подвод сжатого воздуха осуществляется через трубки. Затворы этого типа успешно могут быть использованы, например, в кластерном оборудовании.

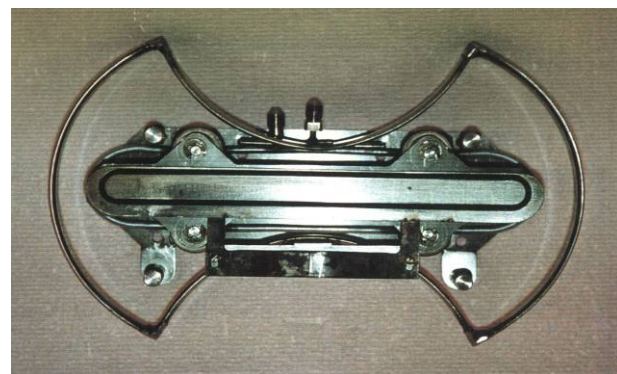
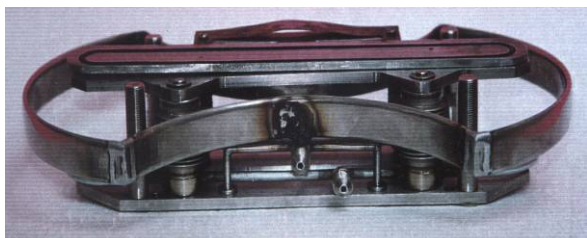
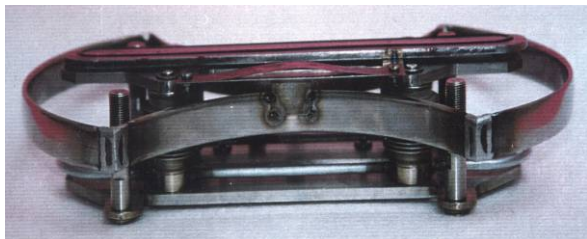


Рис 4. Бескорпусный вакуумный щелевой затвор.

Еще один пример использования приводов управляемой упругой деформации замкнутого контура приведен на рис. 6 и 5, на котором представлена принципиальная схема систе-

мы транспортирования в вакууме, позволяющая реализовать два режима перемещения изделий: дискретный (5, а) и непрерывный (5, б).

Система транспортирования (5, в) состоит из неподвижной (базовой) направляющей 1 и двух подвижных направляющих 2 и 3 (5, в), действующих от независимых приводов в соответствии с алгоритмом управления.

Вертикальное перемещение направляющих 2 и 3 осуществляется от приводов 4-7, горизонтальное - от приводов 9-12. Расстояние между приводами устанавливается из конструктивных соображений, т.е. размеров опорной поверхности изделий.

Подача сжатого воздуха к приводам от общего коллектора 8 осуществляется электромагнитными клапанами. Для каждого привода вертикального перемещения предусмотрена компенсационная развязка за счет спирального участка трубки подачи сжатого воздуха.

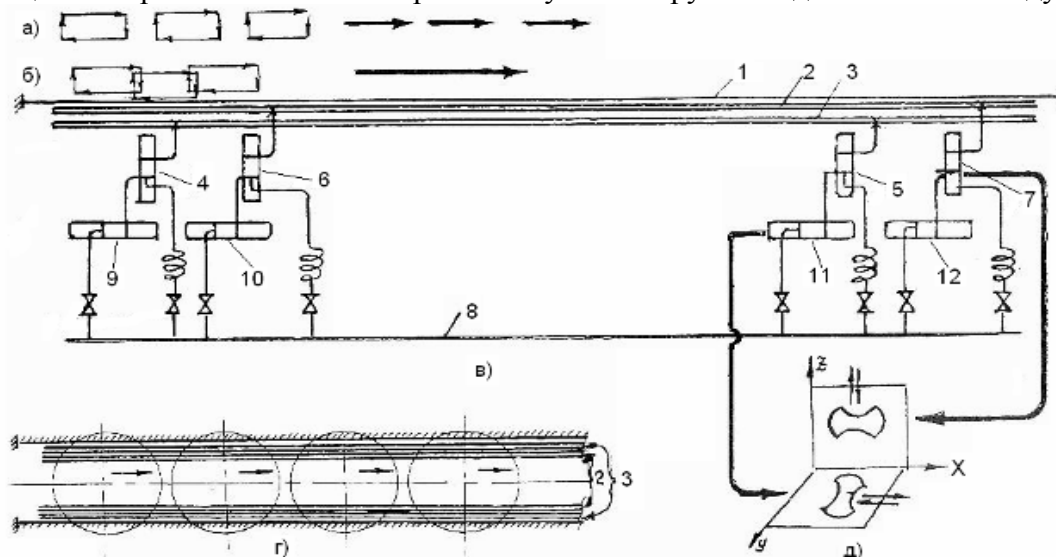


Рис 5. Принципиальная схема системы транспортирования в вакууме на основе приводов замкнутого контура.



Рис 6. Внешний вид системы транспортирования в вакууме на основе приводов замкнутого контура.

Схема ориентации приводов с указанием направления перемещения при деформации приведена на рис. 5, д.

Дискретный или непрерывный режим перемещения изделий по циклам а) или б) предусматривает использование любой из двух пар приводов подвижных планок, реализующих цикл “взял – перенёс – положил”.

Аналогичная транспортная система на основе приводов незамкнутого контура представлена на рис. 7.

Транспортирование изделий по круговой траектории, например пластин при осаждении многослойных покрытий, представляется легко осуществимым при реализации идеи, представленной на рис. 8.

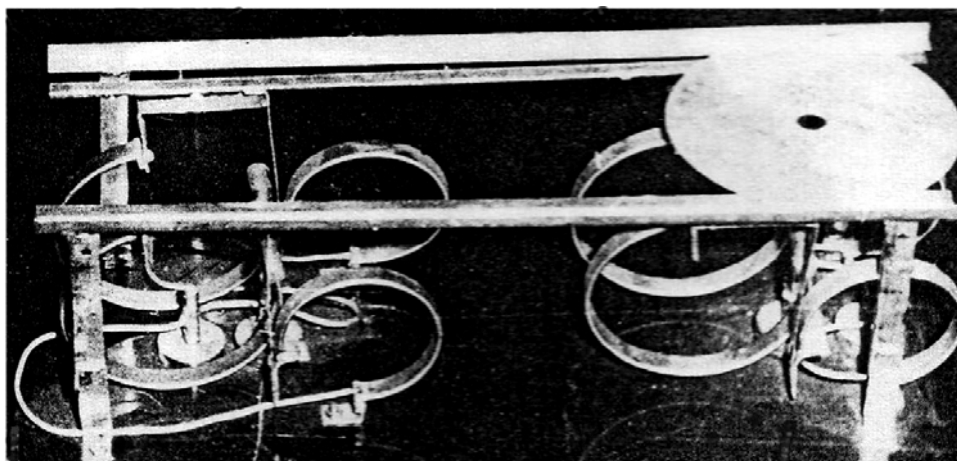


Рис. 7. Внешний вид системы транспортирования в вакууме на основе приводов незамкнутого контура.

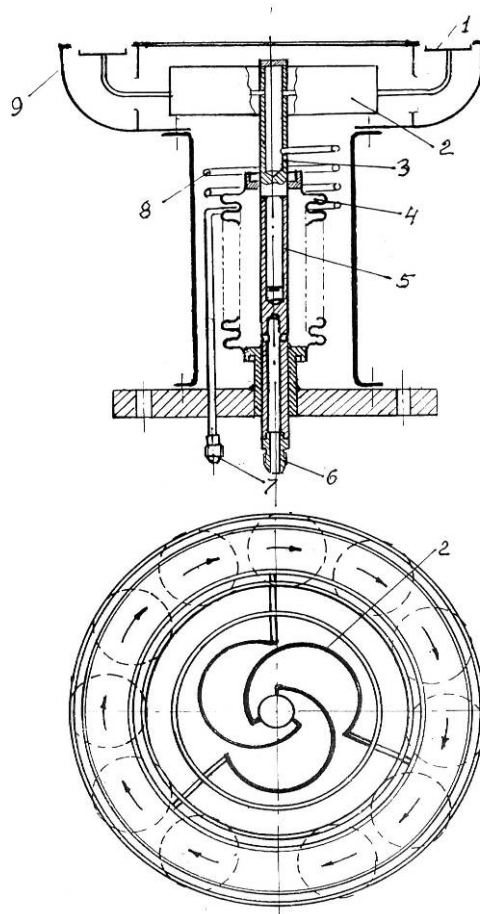


Рис 8. Транспортное устройство перемещения по круговой траектории.

Описанная здесь конструкция позволит заменить тяжелые металлические карусели, размещённые в вакуумных камерах.

Устройство транспортирования состоит из привода дискретного кругового перемещения 2 с жестко связанным с ним несущим кольцом 1, неподвижных кольцевых направляющих 9 и сильфонного двигателя 4 вертикального перемещения.

Несущее кольцо 1 совершает круговое и вертикальное перемещение и дискретно переносит пластины по направляющим 9, также реализуя принцип “взял-перенёс-положил”.

Питание энергоносителем сильфонного двигателя осуществляется через штуцер 6, а привода поворота 2 – через штуцер 7, трубопровод с компенсатором 8 и трубчатый коллектор 3.

Накопитель транспортёр вертикального перемещения дискретного действия предназна-

чен для накопления пластин и передачи по технологическому маршруту. Его внешний вид представлен на рис. 9.

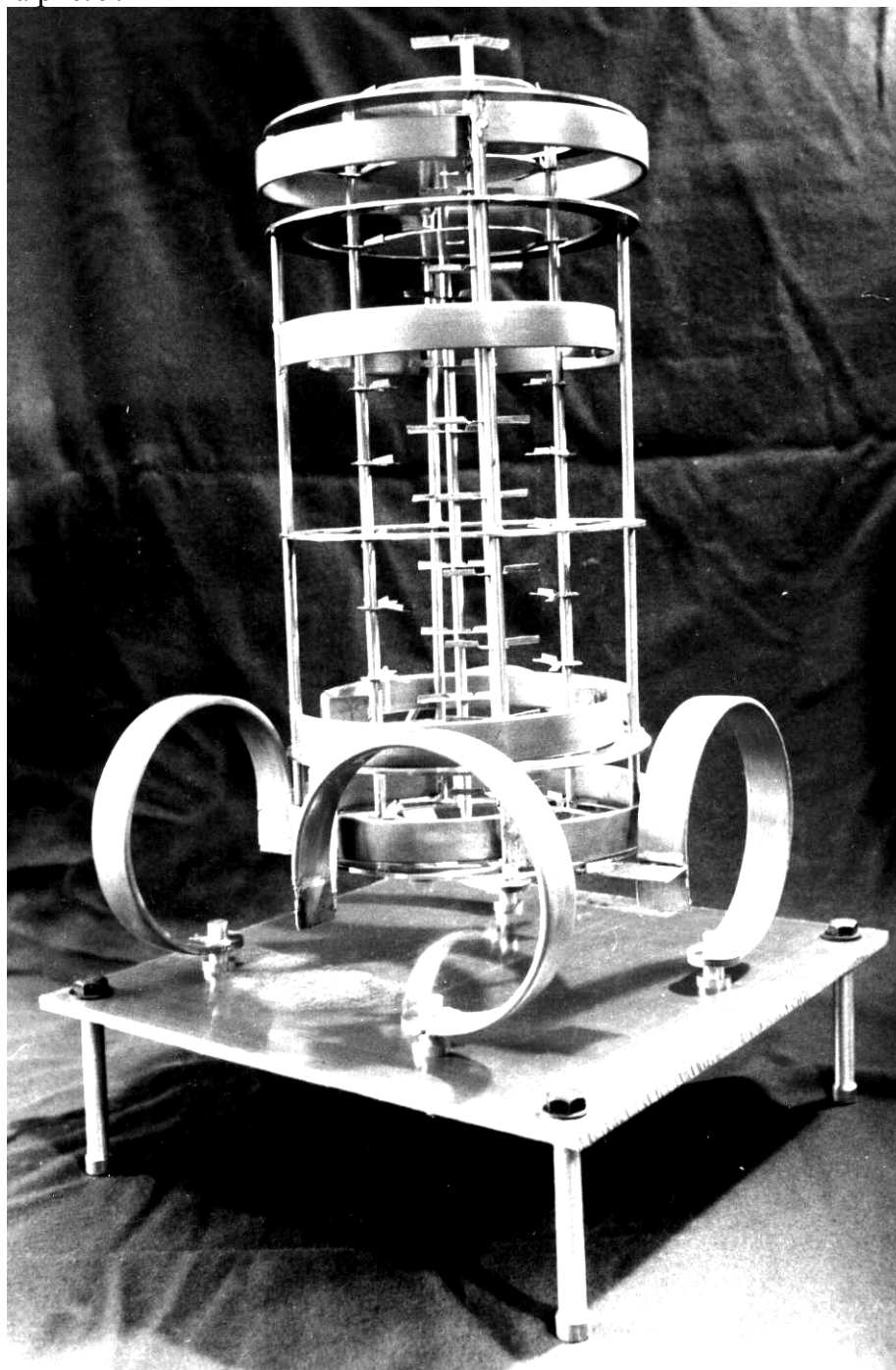


Рис. 9. Транспортёр накопитель.

Накопление и дискретное перемещение пластин осуществляется на четырёх штангах оснащённых губками. На встречном квартете штанг губки смещены на пол шага. Штанги попеременно осуществляют движение вниз и в сторону. При этом за один цикл изделия перемещаются на один шаг.

Отвод штанги осуществляется приводами управляемой упругой деформации незамкнутого контура, вертикальное перемещение на величину шага может формироваться сильфонными двигателями, приводами замкнутого контура и приводами незамкнутого контура (как отображено на фотографии).

На рис. 10 показан пример использования приводов замкнутого контура в конструкции двухкоординатного стола, который состоит из двух модулей 1 и 2, выполненных на основе указанных приводов и расположенных относительно друг друга взаимно перпендикулярно в

горизонтальной плоскости.

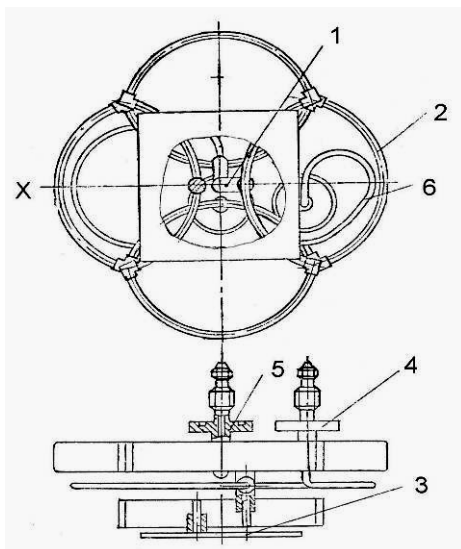


Рис. 10. Двухкоординатный стол.

Фланцы 5 и 4 нижнего модуля соединены с корпусом камеры, на верхнем модуле крепится столик 3, на котором может быть закреплен объект обработки или исследования. Взаимно перпендикулярная ориентация приводов при подаче сжатого воздуха или жидкости позволяет перемещать столик по осям ХУ. Сжатый воздух, газ или жидкость в верхний привод подается через штуцер 4 и гибкую трубку 6, согнутую по спирали для компенсации перемещений. Штуцер 5 непосредственно соединен с нижним приводом.

Приводы с прямолинейной осью целесообразно использовать для формирования малых перемещений и сравнительно небольших усилий при давлении во внутренней полости не более 0,5 МПа.

Они, например, могут успешно использоваться в прецизионных устройствах для дозирования газовых потоков, в датчиках давления, в измерительных устройствах и др.

Эффект работы устройства для дозирования газовых потоков на основе указанного привода состоит в изменении геометрической формы его поперечного сечения под действием подаваемого во внутреннюю полость избыточного давления. Деформируемая оболочка привода в этом случае непосредственно контактирует в направлении одной из осей с перепускным клапаном.

Вариант схемы такого устройства (накателя) приведен на схеме рис. 11.

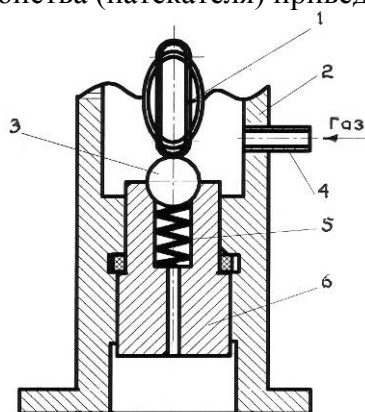


Рис. 11. Схема устройства дозирования газовых потоков: 1 – привод, 2 – корпус, 3 – шариковый клапан, 4 – штуцер, 5 – пружина, 6 – седло.

В исходном положении привод 1 в направлении большой оси прижимает с соответствующим усилием шариковый клапан 3 к седлу и создает необходимое уплотнение.

При увеличении давления во внутренней полости привода изменяется профиль его нормального сечения. В данной схеме большая ось в результате упругой деформации

уменьшается, а малая ось увеличивается. При уменьшении большой оси шариковый клапан отжимается пружиной, и через образовавшийся зазор технологический газ в определенной дозе поступает в камеру. Величина потока газа дозируется регулированием кольцевого зазора клапана за счет увеличения или уменьшения давления внутри привода. Для обеспечения точности регулирования зазора привод соединяется с сильфоном, образуя общую герметичную полость, заполненную малосжимаемой жидкостью.

При сжатии сильфона давление в замкнутой полости увеличивается. Требуемая доза поступления газа через зазор легко и точно регулируется величиной деформации сильфона при сжатии, которая может осуществляться или вручную или автоматически с использованием шагового двигателя.

Следует подчеркнуть, что благодаря краевым эффектам максимальная деформация сечения привода с прямолинейной осью имеет определенную область равных перемещений, равноудаленную от герметичных заделок (заглушек) по обоим торцам.

В тех же случаях, когда область контакта должна быть достаточно протяженной, необходимо знать не только величину, максимального перемещения, но и область равных перемещений вдоль оси.

Исследованиями установлено, что для гарантированного получения области равных перемещений, достаточной для взаимодействия с приводом исполнительных элементов системы (без потери величины перемещения), отношение длины привода к большей оси поперечного сечения должно быть не менее 5.

Для натекателя, однако, необходимо знать и использовать лишь максимальное перемещение в середине длины привода, так как в этом случае используется точечный контакт.

Натекатель может быть выполнен как в нормально открытом (Авторское свидетельство №1566155 “Натекатель” по заявке №4473525/31-29 опубликовано 23,05,1990), так и в нормально закрытом варианте (Патент №2224156 “Нормально закрытый клапан на основе трубчатого упругодеформируемого элемента” по заявке №2002120973/11 от 07,06,2002) выпускался серийно до 1993 г. заводами электронного машиностроения и был широко внедрён на различных предприятиях электронной промышленности. С 2002 г. в модернизированном варианте выпускается штучно и мелкосерийно для предприятий электронной, медицинской, тонкой химической промышленности и др.

Внешний вид натекателя представлен в корпусе на рис. 12 б и со снятым корпусом на рис. 12 а.

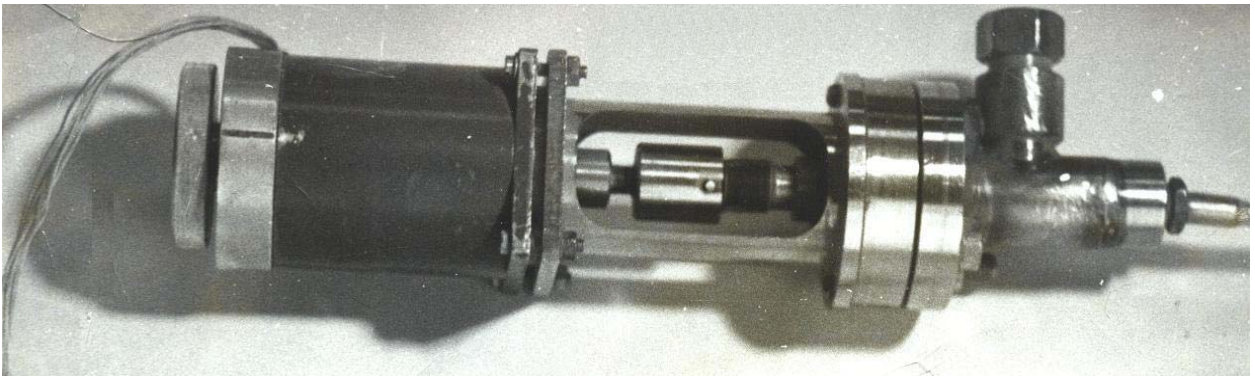
Для института экспериментальной и теоретической физики было разработано устройство измерения параметров электронного пучка в ускорителе (рис. 13) измерительная сетка крепящаяся к кольцу этого устройства вводится, в момент измерения параметров, в камеру ускорителя, а по окончании измерительной процедуры выводится из него.

Перемещение сетки осуществляется от многовиткового привода, который рассчитан на значительное угловое перемещение в 40-500, устанавливаемое регулируемые упорами, для чего в кронштейне предусмотрены соответствующие пазы. Кронштейн смонтирован на трубке, через которую подаётся энергоноситель.

На рис. 14 приведена линия постов формирования остаточной газовой среды в мощных приборах вакуумной электроники, в которой использованы устройства экранирования смотровых окон, Натекатели и вакуумная запорно-регулирующая арматура с использованием принципа управляемой упругой деформации.

2. Экранирующие устройства

Простейшими функциональными механизмами на основе приводов управляемой упругой деформации незамкнутого контура являются устройства экранирования, которые находят широкое применение во многих видах технологического оборудования для экранирования электронных и ионных пучков, тепловых и молекулярных потоков, для защиты смотровых окон от пленок испаряющихся материалов и др.



а)



б)

Рис. 12. Натекатель в корпусе: а), и без корпуса — б).



Рис. 13. Устройство для измерения пучков заряженных частиц.

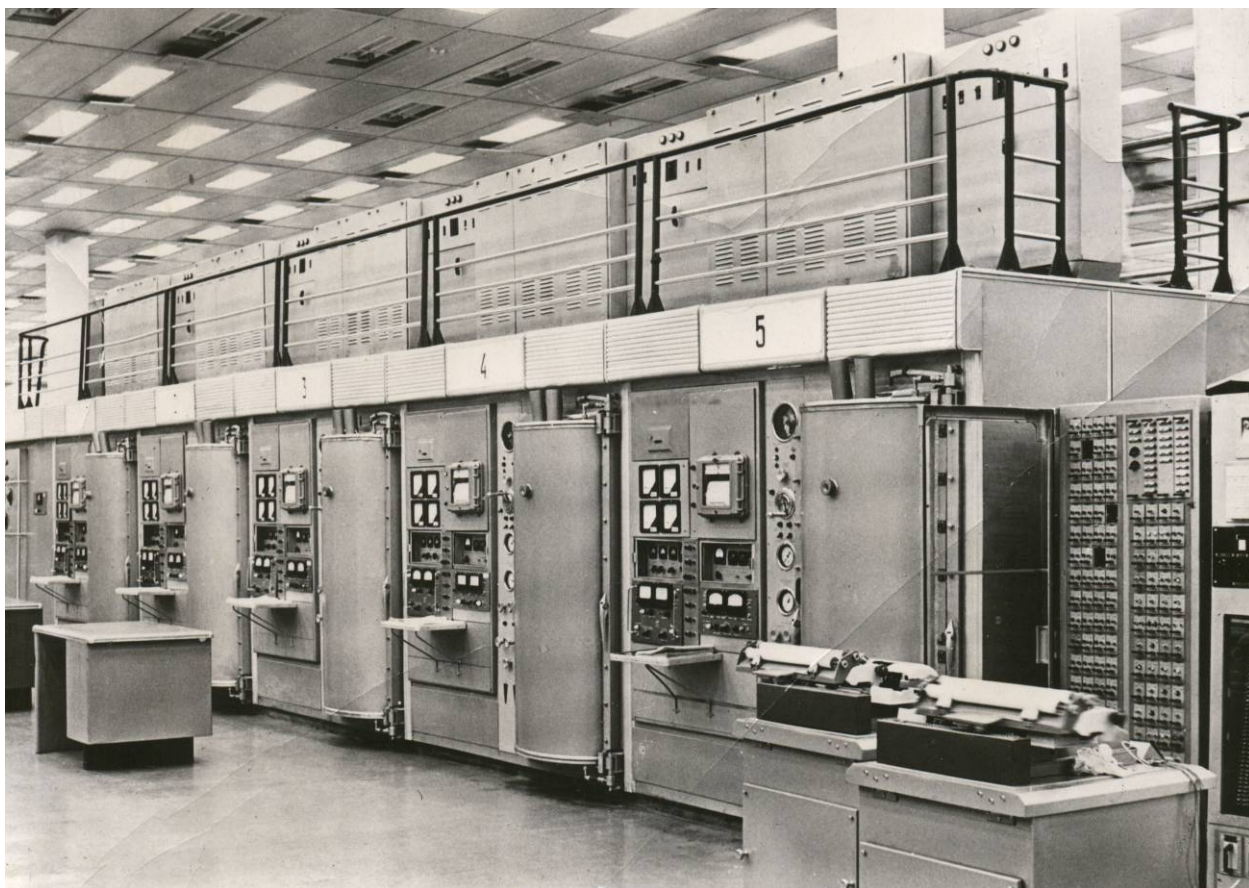


Рис 14. Линия постов формирования остаточной газовой среды в мощных приборах вакуумной электроники.

На рис. 15 приведена конструктивная схема устройства экранирования, состоящего из основания с присоединительным штуцером 7 привода 1 упоров 5, установленных в прорези ограничителя 6 ограничивающего крайнее положение заслонки 3, и рычага 2, на котором данная заслонка крепится устройством 4.

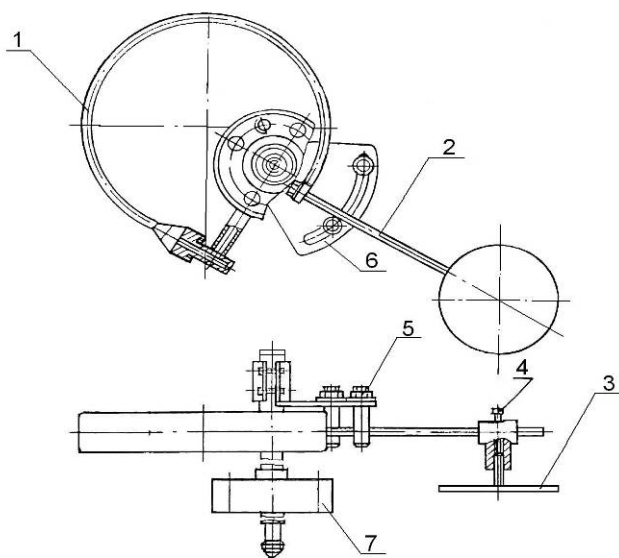


Рис. 15. Схема экранирующего устройства.

Позиционирование экранирующего устройства, если это необходимо, осуществляется упором, хотя можно обойтись и без него, в то же время увеличение диаметра заслонки должно быть больше на величину в первом случае амплитуды отклонения ее при взаимодействии с упором, во втором — амплитуды свободных колебаний. Обычно увеличение диаметра заслонки с компенсацией амплитуды колебаний составляет 3-5% от диаметра экранирования.

Динамический расчет экранирующих устройств осуществлен по разработанной авторами работы теории.

Внешний вид упрощенного устройства экранирования приведено на рис. 16.

Как видно из конструктивной схемы и внешнего вида устройство экранирования не содержит узлов трения и направляющих (в противоположность традиционным) и, как показал опыт их эксплуатации в камерах откачных постов, оборудования для осаждения тонких пленок и др. работают безотказно.

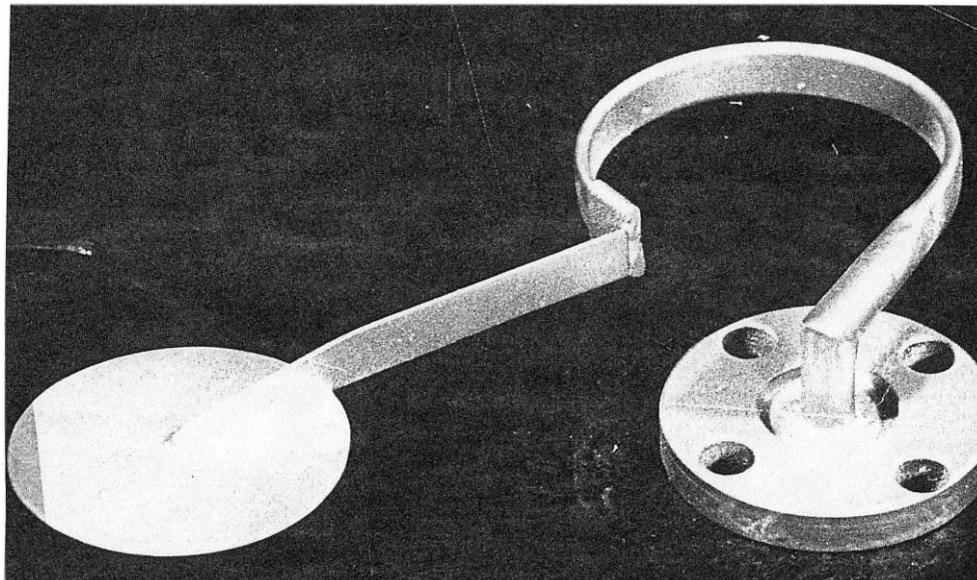


Рис. 16. Внешний вид экранирующего устройства.

Для больших углов поворота экрана (заслонки) разработана серия экранирующих устройств с многовитковым приводом незамкнутого контура, угол поворота которого зависит от числа витков, а траектория движения заслонки близка к окружности (центр которой совпадает с осью привода), если привод состоит из « n » полных витков (рис. 17.).

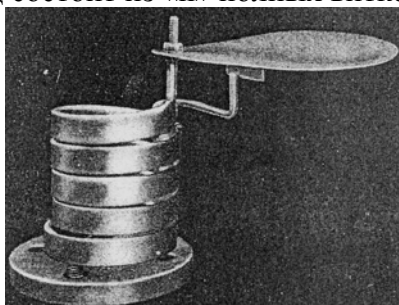


Рис. 17. Экранирующее устройство с многовитковым приводом незамкнутого контура.

При использовании таблиц параметрических рядов для незамкнутого контура, центральный угол γ_0 принят равным 270° . Определение суммарного углового перемещения γ_Σ экрана на основе многовиткового привода рассчитывается из следующей зависимости:

$$\Delta\gamma_\Sigma = \frac{4}{3}\Delta\gamma_0 \cdot n,$$

где: n - число полных витков многовиткового привода

Во многих случаях для целей экранирования создаются двухстворчатые экраны, позволяющие удвоить площадь экранирования при использовании для каждой полукруглой заслонки идентичных приводов, формирующих перемещение в противоположные стороны (рис. 18). Экранирующие устройства этого типа были разработаны для вакуумно-технологического комплекса ТМ-4А.

Для экранирования больших площадей прямоугольной формы создано двухстворчатое устройство, в котором использован принцип суммирования перемещений, показанный на рис. 19.

Одновременное срабатывание системы приводов, которые зеркальны друг другу и со-

единены между собой полый трубкой и наличие выравнивающего рычага тесно связанного с приводом формируют результирующее прямолинейное перемещение экранов в противоположном направлении. С рычагом соединена одна из сторон экранирующего устройства, совершающая вместе с ним, при подаче через коллектор в полости приводов избыточного давления, плоско-параллельное перемещение.

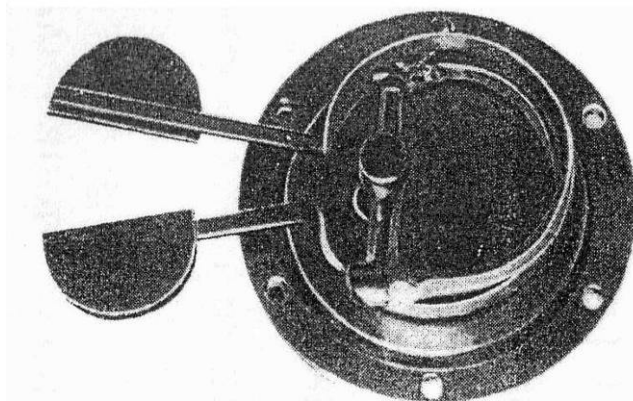


Рис. 18. Двустворчатая заслонка.

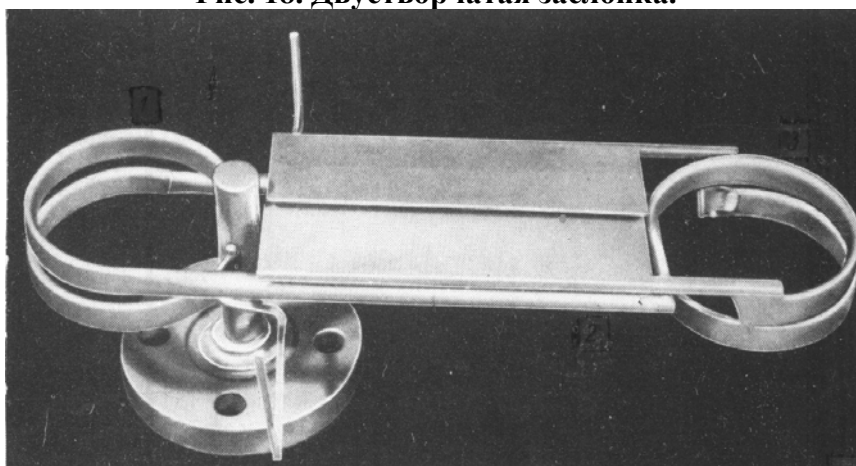


Рис. 19. Устройство для экранирования молекулярных потоков.

Вторая пара приводов расположена зеркально по отношению к первой и формирует аналогичное плоско-параллельное движение, направленное в противоположную сторону.

Суммарное перемещение λ_{Σ} створки экрана рассчитано в результате применения метода векторного анализа; т.е. если λ_1 - вектор перемещения конечной точки привода, а λ_R - вектор перемещения конечной точки рычага, α - угол между направлением векторов, то

$$\lambda_{\Sigma} = \sqrt{\lambda_1^2 + 4L \cdot \sin \frac{\Delta\gamma}{2} \left(L \sin \frac{\Delta\gamma}{2} - \lambda_1 \cos \alpha \right)}$$

где: L - длина рычага.

Экранирующее устройство разработано по договору с НИИ «Полюс» и внедрено в оборудование для осаждения многослойных оптических покрытий с лазерным испарителем (рис. 19).

По типу рассмотренных экранирующих устройств для предприятия А1614 разработано устройство для коллимации ионного пучка.

Коллимирующие устройства позволяют работать в широком диапазоне интенсивности ионных пучков от 10^{-8} до 10^{-2} А и являются важными функциональными механизмами ионно-лучевого оборудования.

Конструкция коллиматора выполнена на основе приводов управляемой упругой деформации взамен применявшегося электромеханического с обилием пар трения качения и скольжения.

Аналогично всем предыдущим конструкциям, разработанный коллиматор, не содержит ни одной пары трения.

Как видно из схемы (рис. 20) он представляет собой две пластины 2 и 3 с прямоугольным вырезом. В сведенном состоянии пластины полностью перекрывают пучок.

Проводимость отверстия коллиматора определяется площадью квадратного отверстия, образуемого при симметричном разведении пластин. Привод каждой пластины представляет собой систему из двух последовательно соединенных приводов управляемой упругой деформации незамкнутого контура 4, 5 и 6, 7 равных геометрических параметров и зеркально обращенных друг к другу.

В результате суммарного перемещения симметричной системы приводов коллимирующие пластины расходятся на требуемое расстояние, контролируемое установленным давлением. Схема формирования перемещений показана на рис. 21.

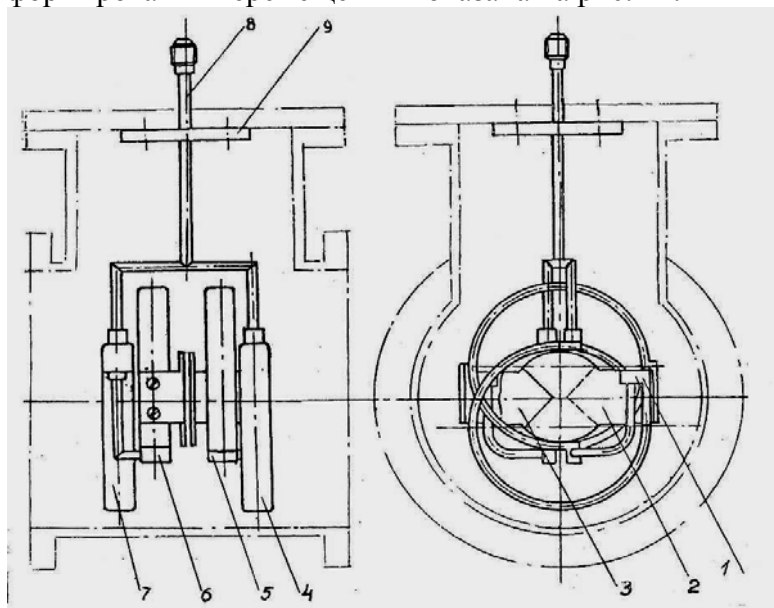


Рис. 20. Схема коллиматора.

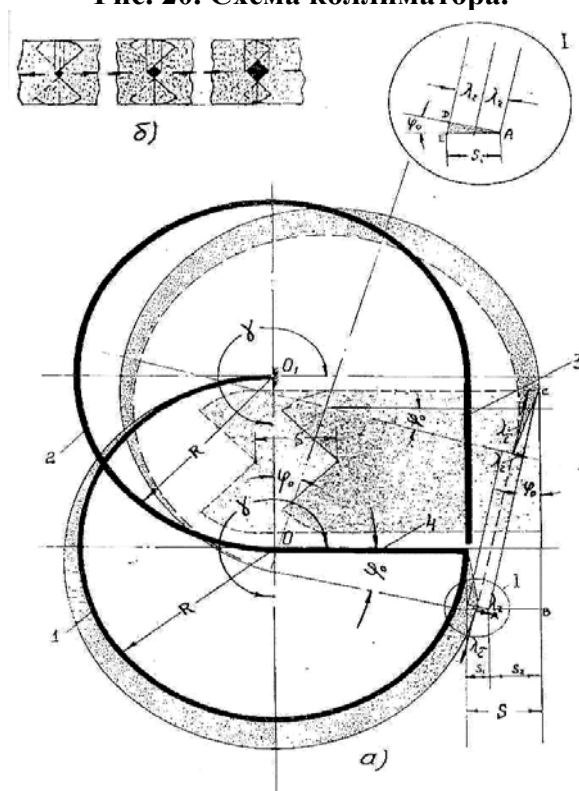


Рис. 21. Схема формирования перемещений коллиматора.

Расчет величины перемещения в соответствии с обозначениями, принятыми на схеме, производится по полученной для этого случая зависимости.

$$S_2 = [l + R\varphi_0(\theta - \sin\theta)] \sin\varphi_0,$$
$$S_1 = \frac{2R\varphi_0(1 - \cos\theta)}{\cos\varphi_0}$$

Максимальный ход каждой пластины коллиматора составляет 24 мм, с учетом предельных деформационных характеристик при тройном запасе прочности, полное раскрытие по диагонали составило 48 мм.

В качестве конструкционного материала приводов использован сплав 36НХТЮ.

Внешний вид коллиматора показан на рис. 22.

Коллиматор через герметичное соединение вводится в тракт ионно-лучевой установки. Штуцер подачи энергоносителя выведен на атмосферу.

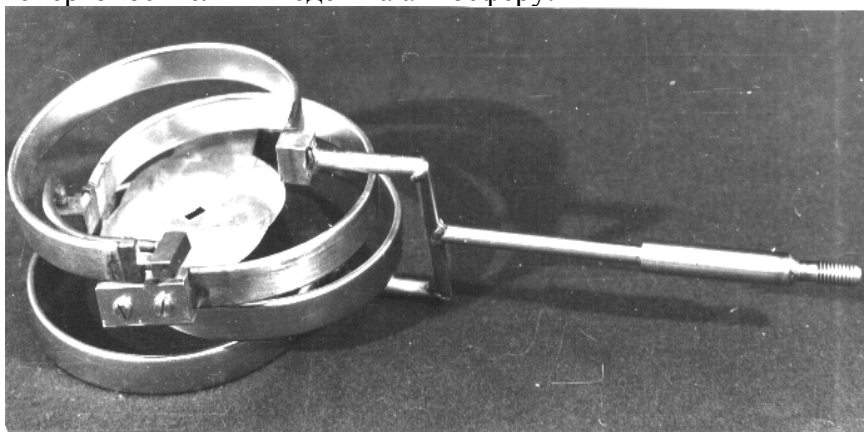


Рис. 22. Внешний вид коллиматора.

3. Манипуляторы

Серия манипуляторов была создана для перегрузки изделий массой от 0.05 кг до 0.2 кг и более.

На основе приводов незамкнутого контура разработан манипулятор универсального типа имеющий 3 степени подвижности и рабочую зону в виде цилиндрической поверхности.

Принципиальная схема манипулятора приведена на рис. 23. а.

Перемещение схвата 7 в горизонтальной плоскости по круговой траектории осуществляется приводом незамкнутого контура 2 имеющего ромбическую форму нормального поперечного сечения с целью повышения чувствительности.

Вертикальное перемещение формируется герметичной системой, состоящей из приводных элементов 3 и 9 и полых трубок, выполняющих одновременно роль передаточных рычагов.

Принцип формирования перемещений аналогичен используемому в двустворчатом экранирующем устройстве рис. 19 и в коллимирующем устройстве рис. 20-22.

Захват изделия осуществляется схватом 7, состоящим из коллектора и двух элементов управляемой упругой деформации. Каждое из указанных действий осуществляется независимо друг от друга в результате отдельной подачи энергоносителя по трубкам 10, 1, 5, из которых 2 последних содержат спиральные участки компенсаторов, обеспечивающих развязку по степеням подвижности. Положение схвата при перемещении на заданный угол позиционируется упором. Для определения числа степеней подвижности рассматриваемого и других манипуляторов предложена формула.

$$Z = n - k + m$$

где: Z - число степеней подвижности;

n - общее число приводов в составе механизмов;

k - количество приводов в системах формирования однонаправленного движения;

m - количество систем, формирующих независимое однонаправленное движение.

Внешний вид манипулятора приведен на рис. 23 б.

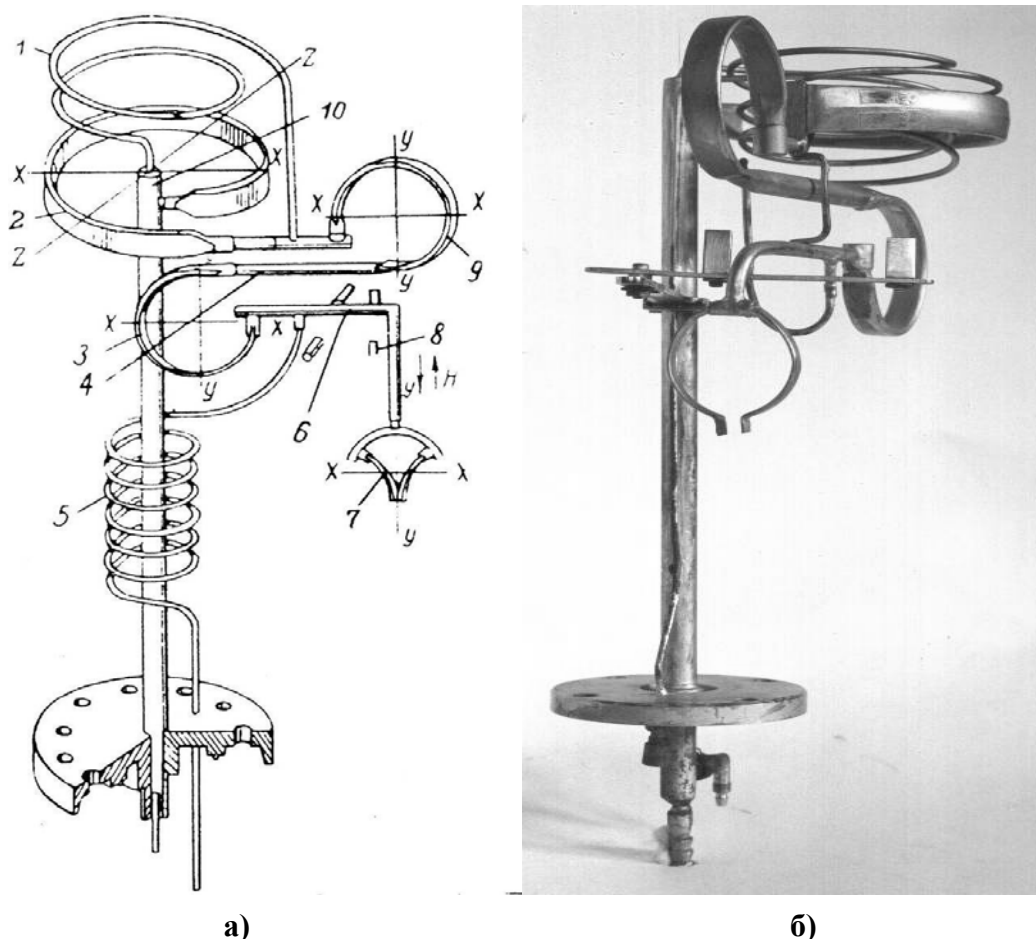


Рис. 23. Манипулятор с тремя степенями подвижности для загрузки изделий на позицию.

Манипулятор с комбинированной системой приводов отличается от предыдущей модели лишь тем, что вертикальное перемещение схвата осуществляется сильфонным пневмодвигателем (рис. 24).

Четырехпозиционный манипулятор-перегрузчик кремниевых пластин диаметром 200мм был разработан в составе комплексной системы транспортирования, перегрузки и ориентации пластин в приемных камерах оборудования ионной имплантации.

Манипулятор (рис 25) имеет многовитковый привод незамкнутого контура, обеспечивающий угловое перемещение схватов на 90° .

Позиционирование крайних положений манипуляторов осуществляется при взаимодействии упора с пазом диска.

Схват привода выполнен в виде двухъярусной конструкции для обеспечения равномерного расхождения губок, на которых укладывается пластина. В момент загрузки пластин подъемным устройством (рис. 26) схваты находятся в раскрытом состоянии, подъемное устройство поднимает пластину над губками, схваты сводятся и при опускании подъемного устройства пластины медленно опускаются на губки. При этом соблюдается принцип - "взял - перенёс - положил", в процессе которого повреждение пластин исключается.

Для этого же предприятия был разработан манипулятор для вытягивания и юстировки ионного пучка взамен традиционного, содержащего значительное количество шарнирных соединений и пар трения движения зубчатых, червячных, винтовых передач и т.д.

Манипулятор (рис. 27) на основе приводов управляемой упругой деформации незамкнутого контура имеет 4 степени подвижности и состоит из диафрагмы 1, приводов 2 и 3, формирующих линейное перемещение по осям ХУ, коллекторов 4 и 5, кольцевой платформы 6, пластинчатых пружин 7 и 8, упругих опорных элементов 9 и 10 для перемещения по углу и вдоль оси 7 и содержит пружинную развязку 11.

Сформированное перемещение суммируется на щелевой диафрагме 1 в последовательности, задаваемой гибкой системой управления. Приводы 2 и 3 симметричны, жестко соединены с коллектором и связаны с кольцевой платформой 6 пластинчатыми пружинами 7 и 8. Вертикальное перемещение диафрагмы по оси Z формируется идентичными опорными приводами 9 и 10 при одновременном их действии. Эти приводы связаны диафрагмой 1. Угловое перемещение диафрагмы формируется при односторонней подаче давления в приводы 9 или 10.

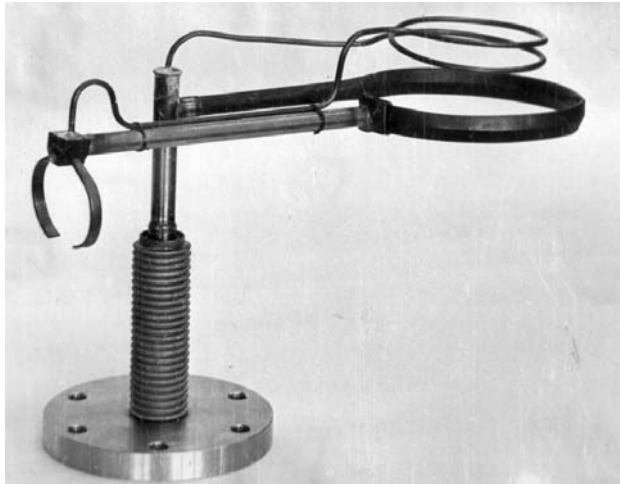


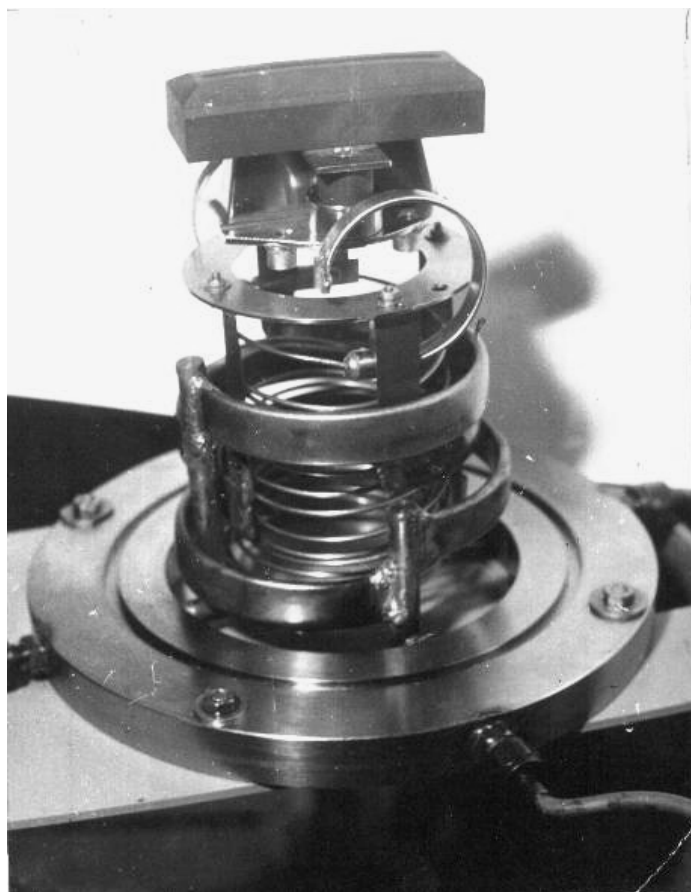
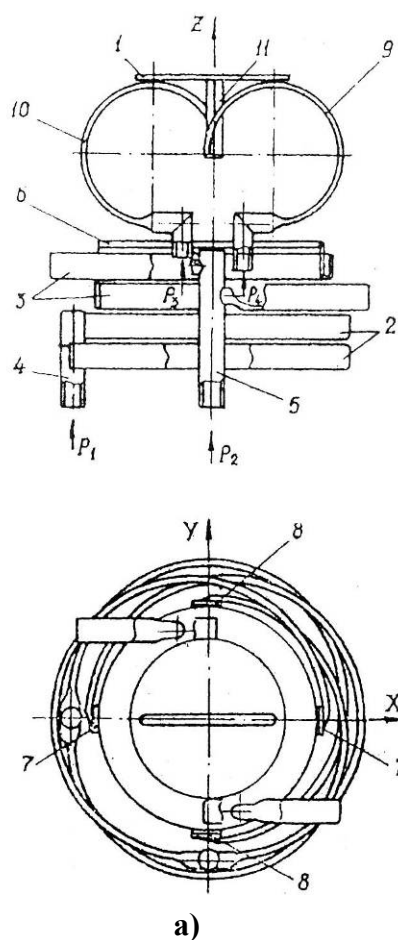
Рис. 24. Манипулятор с сифонными двигателями вертикального перемещения.



Рис. 25. Внешний вид четырёхпозиционного манипулятора.



Рис. 26. Подъёмное устройство.



а)

б)

Рис. 27. Манипулятор для вытягивания и юстировки электронного пучка

Манипулятор-перегрузчик пластин, представленный на рис. 28, осуществляет поворот посредством многовиткового привода. Подъем и опускание пластин осуществляется сильфонным приводом, а схват выполнен на основе двух приводов незамкнутого контура.

Данный манипулятор разрабатывался и составляет единый транспортно-перегрузочный комплекс совместно с системой транспортирования на основе приводов незамкнутого контура, внешний вид которой представлен на рис 7.

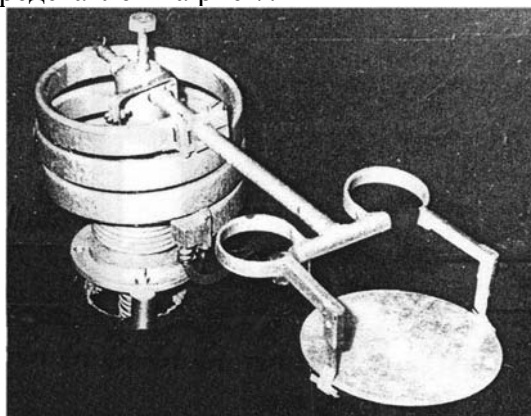


Рис. 28. Манипулятор-перегрузчик пластин.

Выводы

Данный комплекс предложенного оборудования решает задачу модернизации и создания современных линий технологического оборудования производства изделий электронной техники и позволяет создавать принципиально новое оборудование высоких вакуумных технологий и нанотехнологий. Данные конструкции находят применение в тонких химических и биотехнологиях. Приведенные в статье конструкции разработаны под руководством или с участием д.т.н., проф. Александровой А.Т.