

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технология машиностроения»

И.П. Филонов
О.В. Якубович
Л.В. Курч

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
С ПРЕЦИЗИОННЫМИ КООРДИНАТНЫМИ ПРИВОДАМИ

Учебное пособие

для студентов специальностей Т.03.01.00 «Технология,
оборудование и автоматизация машиностроения»
(дисциплина «Автоматизация производственных
процессов в машиностроении»),
1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств»,
специализации 1-36 01 01 01
«Технология механосборочных производств»,
1-36 01 04 «Оборудование и технологии
высокоэффективных процессов обработки материалов»,
1-53 01 06 «Промышленные роботы
и робототехнические комплексы»

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом для студентов
Белорусского национального технического университета*

М и н с к 2 0 0 4

УДК 621.757 – 347(075.8)

ББК 34.68

Ф 55

Рецензенты:

А.А. Голубовский, Р.В. Новичихин

Филонов И.П.

Ф 55 Автоматизированное оборудование с прецизионными координатными приводами: Учебное пособие для студ. спец. Т.03.01.00 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения» (дисц. «Автоматизация производственных процессов в машиностроении»), 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», специализации 1-36 01 01 01 «Технология механосборочных производств», 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов», 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы»/ И.П. Филонов, О.В. Якубович, Л.В. Курч. – Мн.: БНТУ, 2004. – 54 с.

ISBN 985-479-101-7.

Учебное пособие рассчитано на студентов широкого круга инженерно-технических специальностей, изучающих вопросы автоматизации.

В данном учебном пособии описана конструкция уникального автоматизированного сборочного центра, разработанного и изготовленного в объединении «Планар», предназначенного для сборки шаговых двигателей и выполненного с координатными приводами на линейных шаговых двигателях, обеспечивающих высокую точность перемещений – до 2 мкм. В конструкции сборочного центра реализован ряд оригинальных технических решений, защищенных авторскими свидетельствами.

В пособии проведен анализ кинематики, динамики и энергопотребления ЛШД, что может быть использовано инженерами – разработчиками такого класса оборудования. Приведена лабораторная работа, позволяющая студенту углубить свои теоретические знания по применению линейных шаговых двигателей.

УДК 621.757 – 347(075.8)

ББК 34.68

ISBN 985-479-101-7

© И.П. Филонов, О.В. Якубович,
Л.В. Курч, 2004

Введение

Технология сборки узлов прецизионных шаговых двигателей имеет ряд особенностей, обусловленных в первую очередь высокими точностными требованиями, которые необходимо обеспечить в процессе выполнения сборочных операций. С учетом этих требований, а также номенклатуры и программы выпуска изделий специалистами-разработчиками ГНПК ПЛАНАР проанализированы различные типы сборочного оборудования: специальные сборочные автоматы синхронного и асинхронного типа, поточные сборочные линии, автоматы роторного типа сборочные центры с ЧПУ и другие. Признано целесообразным для автоматизации данных операций использовать установку, построенную по схеме «сборочный центр», в котором осуществляются все операции автоматической подачи собираемых деталей на позицию сборки с выполнением технологических операций: ориентирования, базирования деталей, взаимной их фиксации путем запрессовки и двухсторонней зачеканки собранного узла, а также укладки их в ячеистую тару. Сборочный центр (рис. 1) построен по модульному принципу и состоит из следующих основных частей:

- 1 – базовой станины;
- 2 – 4-координатного портального типа манипулятора, оснащенного многопозиционной роторной головкой и четырьмя схватами;
- 3 – технологического модуля;
- 4 – загрузочно-разгрузочного устройства.

Основные особенности сборочного центра:

- высокая повторяемость позиционирования, что позволяет производить сборку прецизионных узлов;
- наличие в установке системы технического зрения в виде устройства распознавания координат;
- использование в манипуляторе силовых линейных шаговых двигателей с обратной связью;
- применение для линейного привода в качестве датчиков обратной связи растровых измерителей линейных и угловых перемещений с дискретностью 1 мкм.

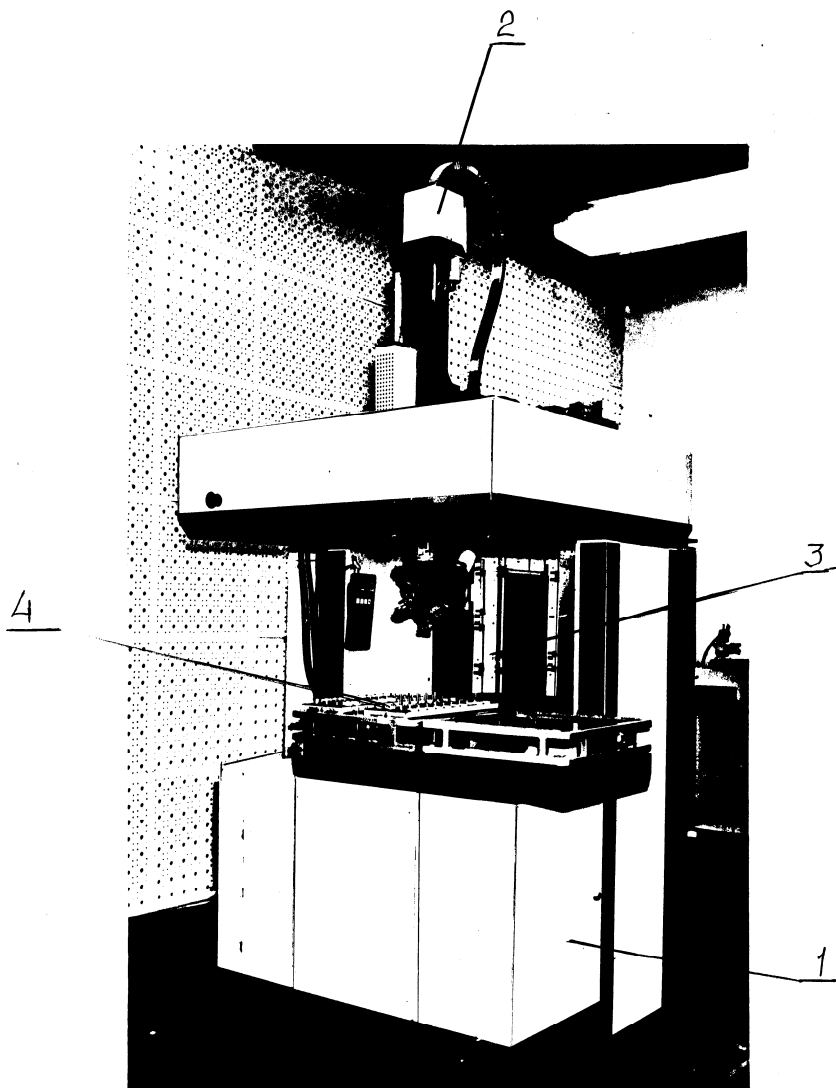


Рис. 1. Общий вид сборочного центра СБ-001

Сборочный центр работает следующим образом.

Загрузочное устройство, имеющее две позиции, подает одну из кассет-спутников, на которой размещены все детали собираемого

узла, на рабочую позицию. Манипулятор при помощи револьверной головки последовательно выбирает из кассет комплект деталей для сборки одного узла и перемещает револьверную головку на позицию сборки над технологическим модулем. На позиции сборки происходят последовательная установка, ориентирование, базирование деталей, их запрессовка и зачеканка при помощи пневмогидравлического пресса с нижним приводом. Собранный узел переносится манипулятором в кассету загрузочного устройства, и далее цикл повторяется.

Настоящее учебное пособие предназначено для изучения конструкции сборочного центра СБ-001 и процесса автоматизированной сборки шаговых двигателей.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

Полное наименование	Сокращенное наименование
Загрузочно-разгрузочное устройство	ЗРУ
Блок подготовки воздуха	БПВ
Устройство сборки	УС
Устройство подачи предметов сборки	УП
Устройство управления	УУ
Механизм перемещений	МП

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОБИРАЕМОМУ УЗЛУ И СБОРОЧНОМУ ЦЕНТРУ

Сборочный центр предназначен для выполнения операций сборки ротора шаговых двигателей ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3, ДШИ-200-0,5 в условиях серийного производства.

Основные размеры деталей собираемых роторов двигателей ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3, ДШИ-200-0,5:

- максимальный диаметр – 29,4 мм;
- минимальный диаметр – 6 мм;
- максимальная длина – 120 мм;
- максимальная масса – 0,222 кг.

Собираемые двигатели должны иметь поверхности для базирования их в механизмах установки, а также иметь заходные фаски по

сопрягаемым поверхностям: в сопряжениях с зазором – под углом 45°, в сопряжениях с натягом – комбинированную фаску (сначала под углом 45°, затем под углом 10°).

Детали и узлы, поступающие на сборку, должны быть очищены и обезжирены, расположены в специальной таре и ориентированы в ней соответствующим образом.

Сборочный центр может применяться автономно, или, используя последовательный канал обмена информацией устройства управления, несколько установок могут образовать систему – ГПС.

Сборочный центр предназначен для двухсменной работы в механосборочных цехах при температуре от +5 до +40°С.

Электропитание сборочного центра осуществляется от трехфазной 4-проводной с нулевым проводом сети переменного тока напряжением 220/380В, частотой 50 ± 1 Гц.

2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Шаговый импульсный двигатель (ДШИ) является электромеханическим исполнительным элементом, преобразующим импульсы тока в угловое перемещение ротора двигателя. Эти устройства преобразуют команду, заданную в виде импульсов, в фиксированный угол поворота без датчиков обратной связи. Команда на шаговый двигатель (последовательность импульса) подается от специального коммутатора, который может иметь электромеханическое или электронное исполнение [1].

Шаговые двигатели применяются в качестве исполнительных двигателей в дискретных системах автоматического управления. Они получили широкое применение в системах программного управления, в следящих системах с цифровыми управляющими устройствами, в приводах старт-стопных лентопотяжных механизмов, в счетно-решающих устройствах и многих других специальных схемах управления. Применение шагового двигателя во многих случаях значительно упрощает структурную схему автоматического управления, облегчает ее анализ, удешевляет схему и увеличивает ее надежность [2].

Одной из наиболее ранних конструкций шагового двигателя является конструкция храпового шагового двигателя.

Конструкция ДШИ представлена на рис. 2. Основными узлами двигателя являются статор и ротор. Ротор состоит из вала и дисков (2 или 4), между которыми расположены постоянные магниты. Преобладающее большинство ДШИ, применяемых в оборудовании сборки, – двигатели реактивного типа, то есть без возбуждения на роторе. Наиболее распространенное число обмоток – от 2 до 4. Полюсные выступы статора и ротора двигателя выполнены зубчатыми. Обмотки управления расположены частями, на нескольких статорных выступях каждая. Последовательное возбуждение полюсов статора при переключении обмоток управления приводит к повороту оси намагничивающей силы в воздушном зазоре. Зубцы ротора совпадают с зубцами статора только у одной диаметрально противоположной пары выступов. Напротив двух других пар полюсных выступов зубцы ротора смещены на половину зубцового деления. Следовательно, каждому переключению соответствует поворот ротора на половину зубцового деления. Направление вращения двигателя зависит от очередности переключения обмоток управления. Переключение обмоток осуществляется коммутирующим устройством – схемой управления ДШИ.

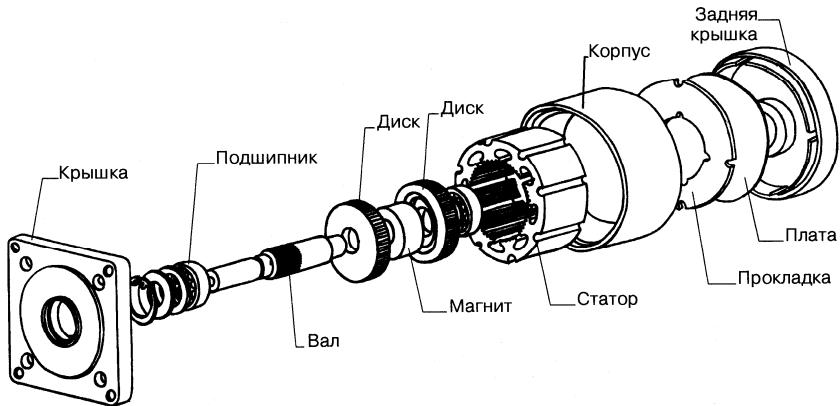


Рис. 2. Двигатель шаговой серии ДШИ-200

На рис. 3 приведена схема технологического процесса сборки ДШИ с применением роботизированных технологических комплексов.

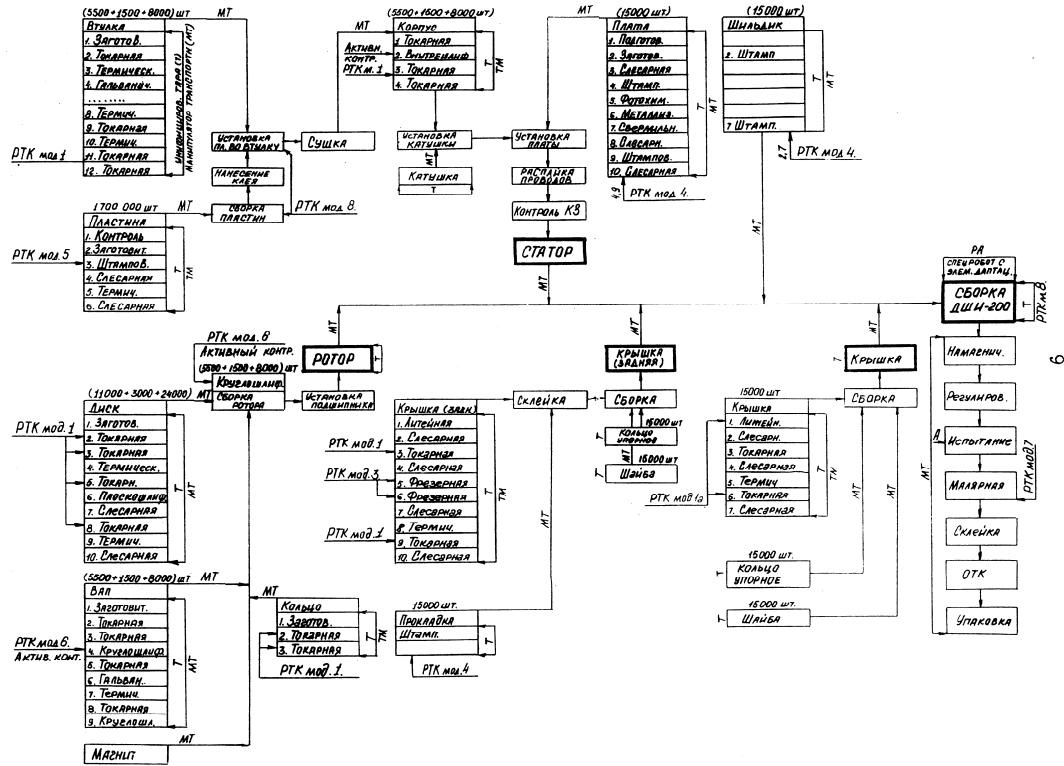


Рис. 3. Схема технологического процесса сборки ДШМ:

РТК мод. 1 – токарная обработка патронных деталей (мод. 1а – фланцы); РТК мод. 2 – токарная центровых деталей; РТК мод. 3 – фрезерные работы; РТК мод. 4 – штамповка штучных заготовок; РТК мод. 5 – штамповка полосовых заготовок; РТК мод. 6 – круглошлифовальные работы; РТК мод. 7 – окрасочные работы; РТК мод. 8 – сборочные работы

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА СБ-001

- 3.1. Габаритные размеры установки не более:
- длина 2900 мм;
 - ширина 1600 мм;
 - высота 2900.
- 3.2. Масса – не более 1700 кг.
- 3.3. Номинальная грузоподъемность с учетом массы механизма захвата – не менее 5 кг.
- 3.4. Повторяемость позиционирования по степеням подвижности – не более 0,08 мм.
- 3.5. Максимальная скорость перемещения предметов сборки:
- в горизонтальной плоскости – не менее 600 мм/с;
 - в вертикальной плоскости – не менее 50 мм/с.
- 3.6. Максимальные угловые скорости перемещения предметов сборки:
- по координате « α » – не менее 30 градусов/с;
 - по координате « β » – не менее 45 градусов/с.
- 3.7. Максимальные перемещения:
- по координате « x » – не менее 500 мм;
 - по координате « y » – не менее 350 мм;
 - по координате « z » – не менее 250 мм;
 - по координате « α » – не менее 180°;
 - по координате « β » – не менее 180°.
- 3.8. Число одновременно управляемых движений (число степеней подвижности) по степеням – 5.
- 3.9. Число каналов связи с внешним оборудованием – 3.
- 3.10. Электрическая мощность, потребляемая установкой, – не более 3000 Вт.
- 3.11. Удельная энергоемкость установки – не более 600 Вт/кг.
- 3.12. Удельная материалоемкость установки – не более 340 Вт/кг.
- 3.13. Показатели надежности установки:
- средняя наработка на отказ – не менее 100 ч;
 - средний срок службы до списания – не менее 5 лет;
 - коэффициент готовности K_r – не менее 0,95.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА

Общий вид сборочного центра приведен на рис. 4.

Станина 13 представляет собой сборную конструкцию, в нижней части которого находится БПВ 14, ЗРУ 9 и УС 12, в верхней части – УП 5.

Работой сборочным центром управляет УУ 3 с помощью ПЭВМ 2.

Давление воздуха в пневмосети регулируется регуляторами давления, находящимися в БПВ 14.

УП 5 оснащено револьверной головкой 10 с механизмами захвата 11.

В ЗРУ 9 могут размещаться один или два ящика 8 (специальная тара) с палетами 6, 7, представляющими собой ячеистую тару и несущими в своих ячейках собираемые детали или собранные узлы.

При работе центра в автономном режиме ящики в ЗРУ загружаются вручную. В случае использования центра в составе ГПС ящики в ЗРУ загружаются и извлекаются из него автоматическими транспортно-загрузочными устройствами.

Для работы необходимо, чтобы в ЗРУ 9 находился ящик с палетами 6, 7, снаряженный комплектом деталей для сборки ротора шагового двигателя. По командам УУ 3 ЗРУ 9 перемещает ящик 8 с деталями в рабочую зону установки, УП 5 выводит револьверную головку 10 с механизмами захвата 11 в положение, из которого производится взятие деталей, механизмы захвата последовательно каждый захватывают из палет 6, 7 собираемые детали. Револьверная головка поочередно подает собираемые детали в УС 12, где производится сборка ротора шагового двигателя. Собранный ротор захватывается механизмом захвата и переносится УП 5 в свободную ячейку палеты 7 на ящике.

После того как последний собранный ротор установлен в ячейку палеты 7, УП 5 возвращается в исходное положение, а ЗРУ 9 перемещает ящик 8 с собранными роторами в позицию выгрузки ящика из установки, и при этом в рабочую зону попадает второй ящик с деталями.

В процессе сборки УУ 3 посредством ряда датчиков УП 5 и УС 12 контролирует правильность и качество выполняемых операций. При возникновении сбойной ситуации УУ 3 прекращает сборку и звуковым сигналом производит вызов оператора.

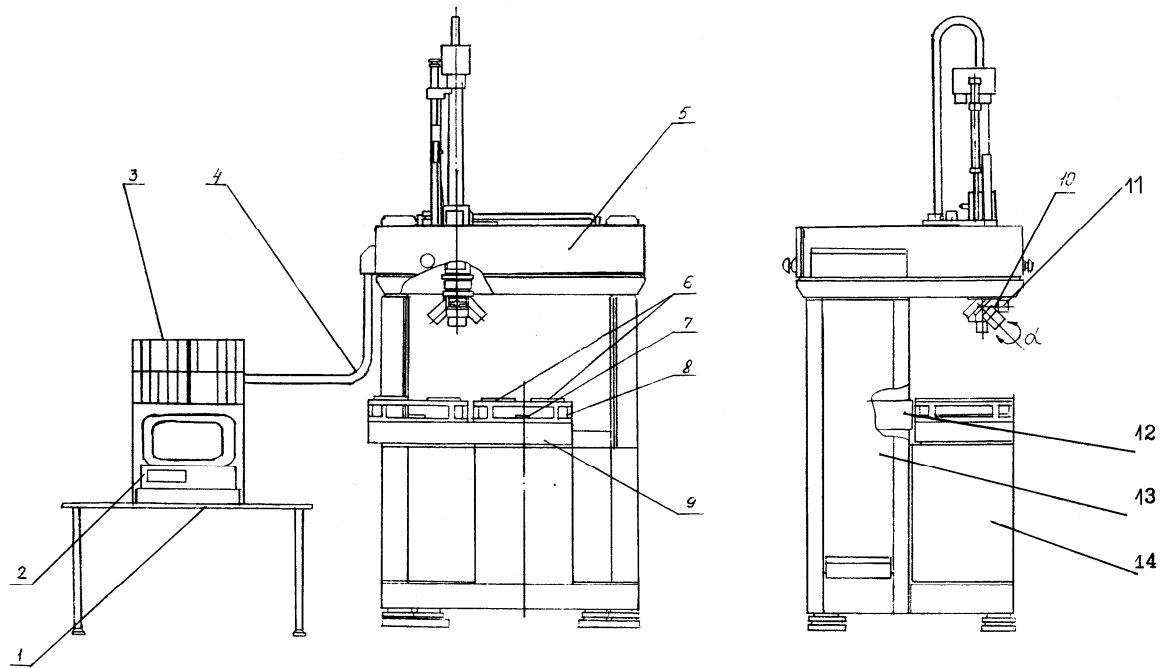


Рис. 4. Общий вид сборочного центра:
 1 – стол; 2 – ПЭВМ; 3 – БУ; 4 – кабели; 5 – УП; 6, 7 – палеты; 8 – ящик; 9 – ЗРУ; 10 – головка револьверная;
 11 – механизм захвата; 12 – УС; 13 – станина; 14 – БПВ

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА

5.1. Устройство загрузочно-разгрузочное

ЗРУ состоит из основания 3 (рис. 5), на котором размещаются привод 6 (безлюфтовый червячный редуктор), две пары подшипников поступательных перемещений 1 (рис. 6) и два бесконтактных конечных датчика 4 (рис. 5). В подшипниках поступательных перемещений 1 (рис. 6) на скалках 2 установлена платформа 2 (рис. 5) с двумя парами ролягангов 5, 9, 10, 12, каждый из которых имеет защелку 11, и двумя бесконтактными индуктивными датчиками 7 наличия ящиков 1. Привод 6 связан с платформой 2 через рейку 3 (рис. 6). На ролягангах ЗРУ могут размещаться 2 ящика.

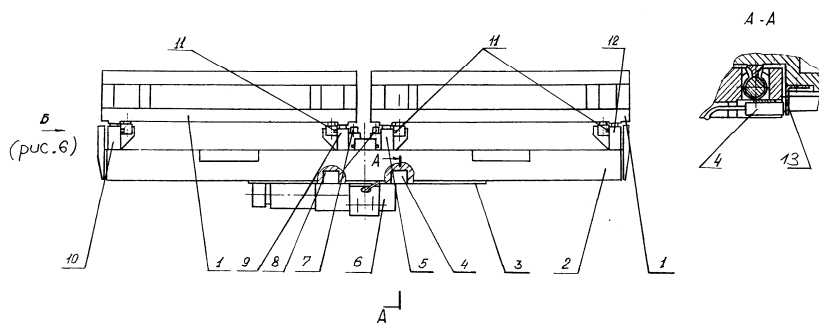


Рис. 5. Устройство загрузочно-разгрузочное:

- 1 – ящик; 2 – платформа; 3 – основание; 4, 8 – датчики конечные;
- 5, 9, 10, 12 – роляганги; 6 – привод; 7 – датчики наличия ящика;
- 11 – защелки; 13 – шторка

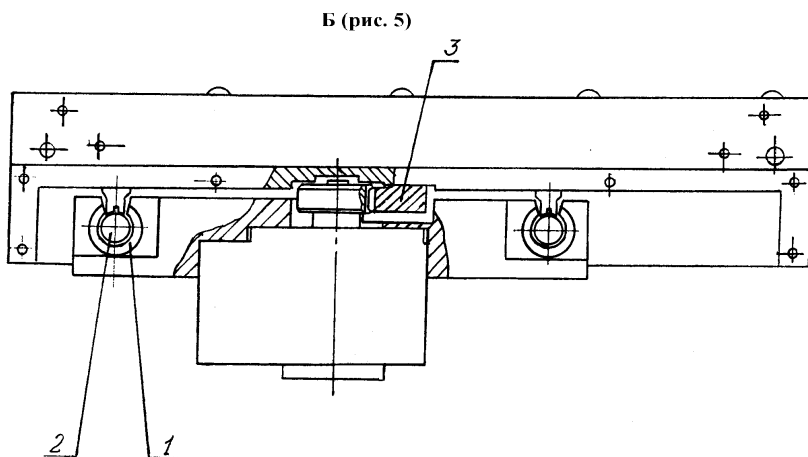


Рис. 6. Устройство загрузочно-разгрузочное:
1 – подшипник поступательных перемещений; 2 – скалка; 3 – рейка

ЗРУ работает следующим образом.

При установке ящиков 1 (см. рис. 5) на рольганги 5, 9, 10, 12 и досылании их до упора ящики фиксируются защелками 11, а правильность установки ящиков 1 определяется датчиками наличия ящика 7.

Платформа 2 относительно основания 3 перемещается приводом 6 через рейку 3 (рис. 6) на подшипниках поступательных перемещений 1 и может занимать два конечных положения.

Останов платформы 2 (см. рис. 5) в конечном положении производится по конечным датчикам 4, при этом конечные датчики 4 взаимодействуют со шторками 13.

Из рис. 7 видно расположение собираемых деталей (дисков 7, магнитов 6, валов 1) на палетах 2 (комплект деталей для сборки ротора шагового двигателя ДШИ-200-1). Сборные роторы 3 устанавливаются в свободное гнездо ячейки вала 1.

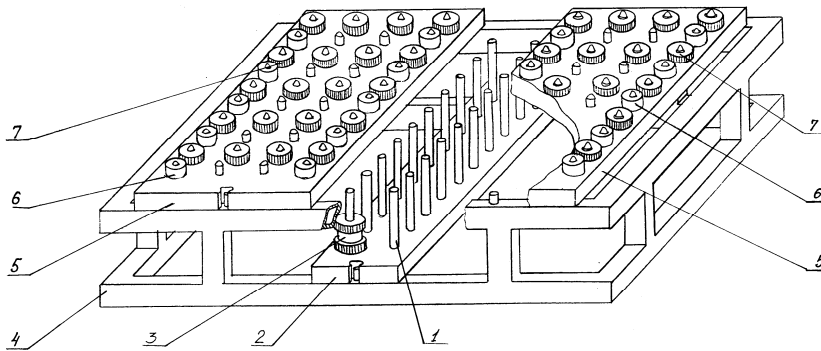


Рис. 7. Схема расположения на палетах деталей для сборки ротора шагового двигателя ДШИ-200-1:
 1 – вал; 2 – палета; 3 – собранный ротор; 4 – ящик; 5 – палета;
 6 – магнит; 7 – диск

5.2. Устройство подачи предметов сборки (УП)

УП (рис. 8) представляет собой автоматический манипулятор с шаговым приводом, выполненным на ЛШД и ДШИ (круговые координаты), обеспечивающим перемещения по пяти координатам («X», «Y», «Z», «a», «f»), три из которых линейные («X», «Y», «Z»), а две – повороты вокруг осей («a», «f»).

На основании 8 закреплены две направляющие 11, 30, представляющие собой статоры ЛШД с нарезкой на внешних поверхностях Е и Ж.

По направляющим 11, 30 на подшипниках качения 13, 28 имеют возможность перемещаться каретки 10, 31.

Каретки 10, 31 несут на себе направляющую 26 в виде статора ЛШД, имеющего нарезку на двух поверхностях – Л, И. Направляющая 26 шарнирно развязана относительно кареток 10, 31. Конструкция узлов развязки представлена на разрезах Б – Б, Г – Г.

Левый узел развязки (разрез Б – Б) представляет собой ось 35 в подшипниках 34, установленных на каретке 10. На оси 35 закреплена скоба 37, к которой винтами и эксцентриком 36 крепится направляющая 26. Положение скобы 37 относительно оси 35 регулируется винтом 33.

Правый узел развязки (разрез Г – Г) отличается от левого тем, что к скобе 46 крепится горизонтальная ось 45, на которой при помощи подшипника линейных перемещений 44 смонтирована направляющая 26, что дает направляющей 26 как поворачиваться вокруг оси 48, так и перемещаться вдоль оси 45.

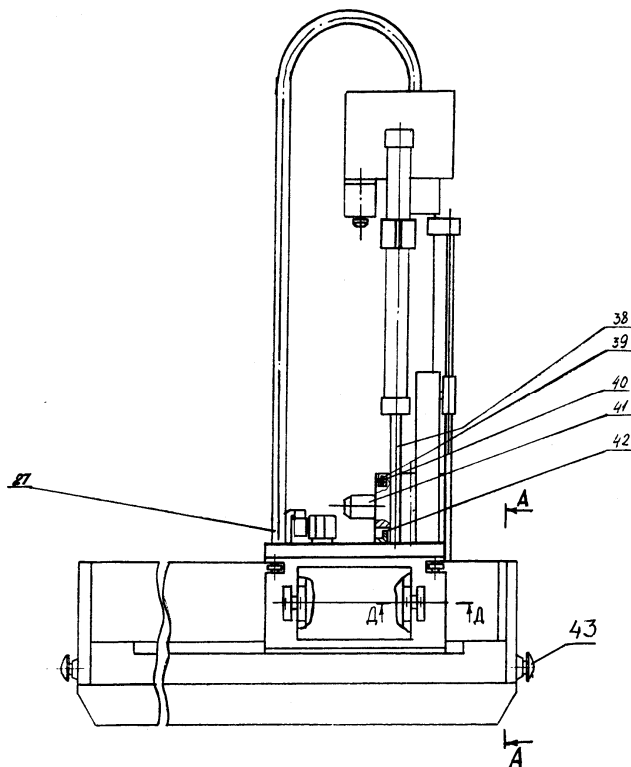


Рис. 8. Устройство подачи предметов сборки:

- 1, 42 – датчики конечных положений; 2 – шторка; 3 – пластина;
- 4 – плоская пружина; 5, 36 – эксцентрики; 6 – радиатор;
- 7, 12, 23, 29 – индукторы; 8 – основание; 9, 18, 24, 32 – преобразователи линейных перемещений; 10, 14, 31 – каретки; 11, 26, 30 – направляющие;
- 13, 15, 17, 28, 34, 39, 47 – подшипники качения; 16 – корпус; 19 – штанга;
- 20 – механизм перемещений; 21 – цилиндр пневматический;
- 22, 25 – кронштейны; 27 – кожух; 33, 49 – винт; 35, 45, 48 – оси;
- 37, 46 – скобы; 40 – ось-эксцентрик; 41 – тормоз; 43 – кнопка «Стоп»;
- 44 – подшипник качения линейных перемещений

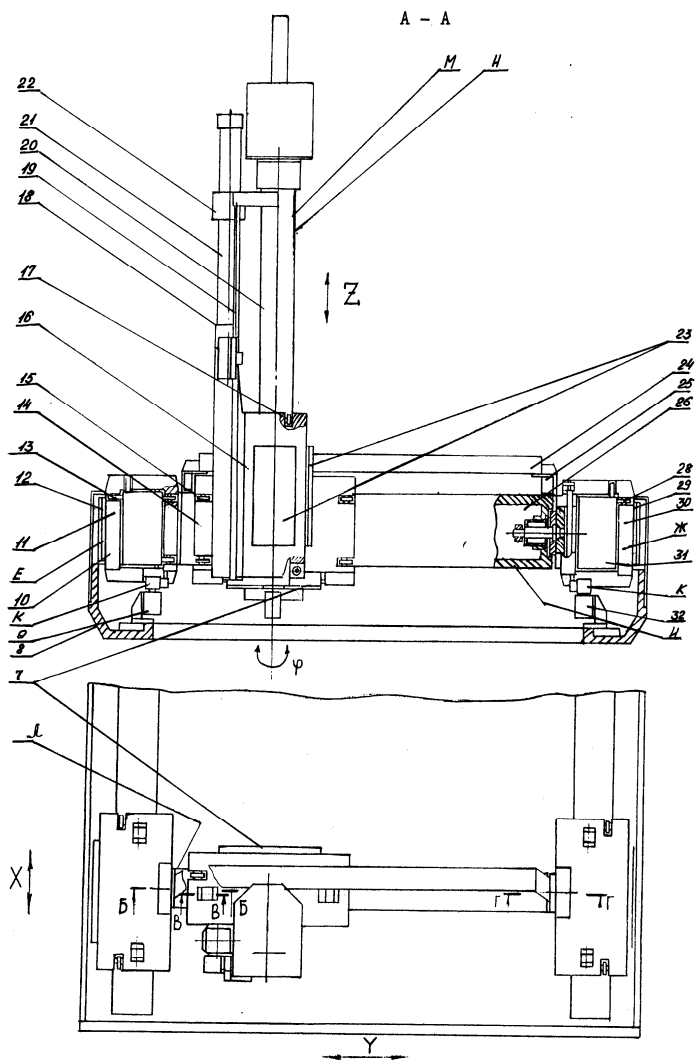


Рис. 8

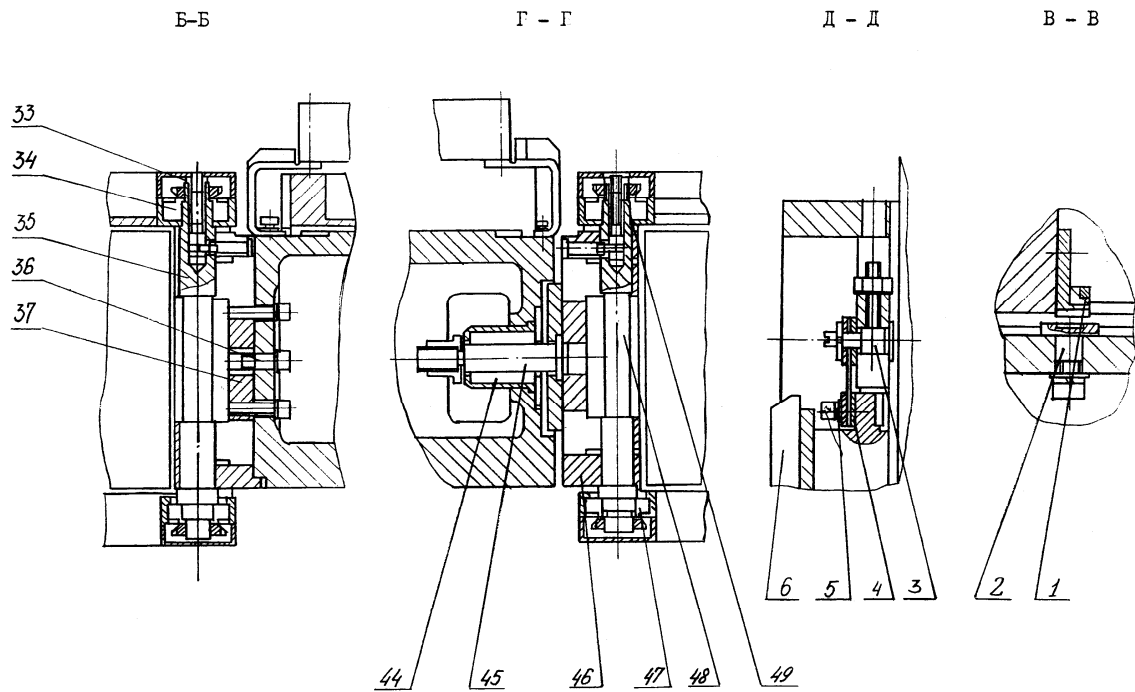


Рис. 8

На направляющей 26 смонтирована на подшипниках качения 13 каретка 14 с корпусом 16, в котором установлен на подшипниках качения 17, 39 МП 20.

Параллельно вертикальной оси МП 20 крепится цилиндр пневматический 21, причем корпус цилиндра при помощи кронштейна 22 закреплен к корпусу МП 20, а шток 38 цилиндра – к корпусу 16.

На каретках 10, 14, 31 и корпусе 16 установлены индукторы 12, 7, 29, 23 соответственно. Индукторы к кареткам 10, 14, 31 и корпусу 16 крепятся при помощи пластин 3, плоских пружин 4 и эксцентриков 5, при этом осевой зазор (по направлению движения кареток 10, 14, 31 и корпуса 16) между плоскими пружинами 4 каретками 10, 14, 31 выбирается разворотами эксцентриков 5.

Плоские пружины 4 с пластинами 3 заштифтованы на корпусах индуктора 12, 7, 29, 23.

Во избежание перегрева обмоток каждый из индукторов 12, 7, 29, 23 снабжен радиатором 6.

На задней поверхности корпуса 16 установлены тормоз 41 и датчики конечных положений 42 МП 20. На основании 8 установлены два ПЛП Я2МЗ.507.344-03 9, 32, причем каретки ПЛП крепятся к кареткам 10, 31 с возможностью регулировки их взаимного расположения.

На направляющей 26 при помощи кронштейнов 25 закреплен ПЛП Я2МЗ.507.344-03, каретка которого крепится к каретке 14 с возможностью регулировки их взаимного расположения.

На корпус 16 крепится ПЛП 18 Я2МЗ.507.344-02, каретка М которого связана штангой 19 с МП 20.

На каретке 10, 31, 14 установлено по два датчика 1 конечных положений кареток.

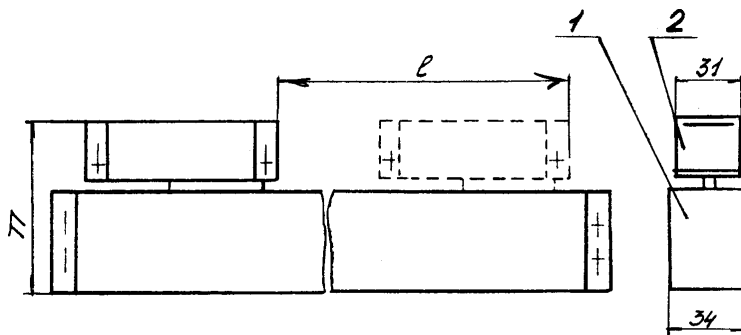
В конечных положениях кареток 10, 31, 14 и МП 20 датчики 1, 42 взаимодействуют со шторками 2.

Все электрические кабели и трубки пневмоподводов положены в гибких металлических кожухах 27.

5.3. Преобразователь линейных перемещений (ПЛП)

ПЛП работает по принципу счета муаровых комбинационных полос при взаимном перемещении сопряженных измерительной и индикаторной растровых линеек.

Преобразователь линейных перемещений (рис. 9) состоит из головки преобразователя 2 и корпуса 1, имеющего 7 исполнений.



Обозначение	$L, \text{мм}$
Я2М 3.507.344	200
-01	400
-02	500
-03	585
-04	600
-05	700
-06	800

Рис. 9. Преобразователь линейных перемещений:
1 – корпус; 2 – головка преобразователя

Преобразователь линейных перемещений предназначен для преобразования линейных перемещений корпуса относительно головки преобразователя в 4 электрических сигнала и 2 сигнала «ноль-метки» на краях диапазона перемещений.

Сигналы на фотоприемнике 6 (рис. 10) формируются в результате пересечения светового потока от излучателя 3 муаровыми комбинационными полосами, полученными от сопряжения измерительной растровой линейки 4 в корпусе 5 и индикаторной линейки 7. В головке 1 преобразователя закреплен усилитель 2.

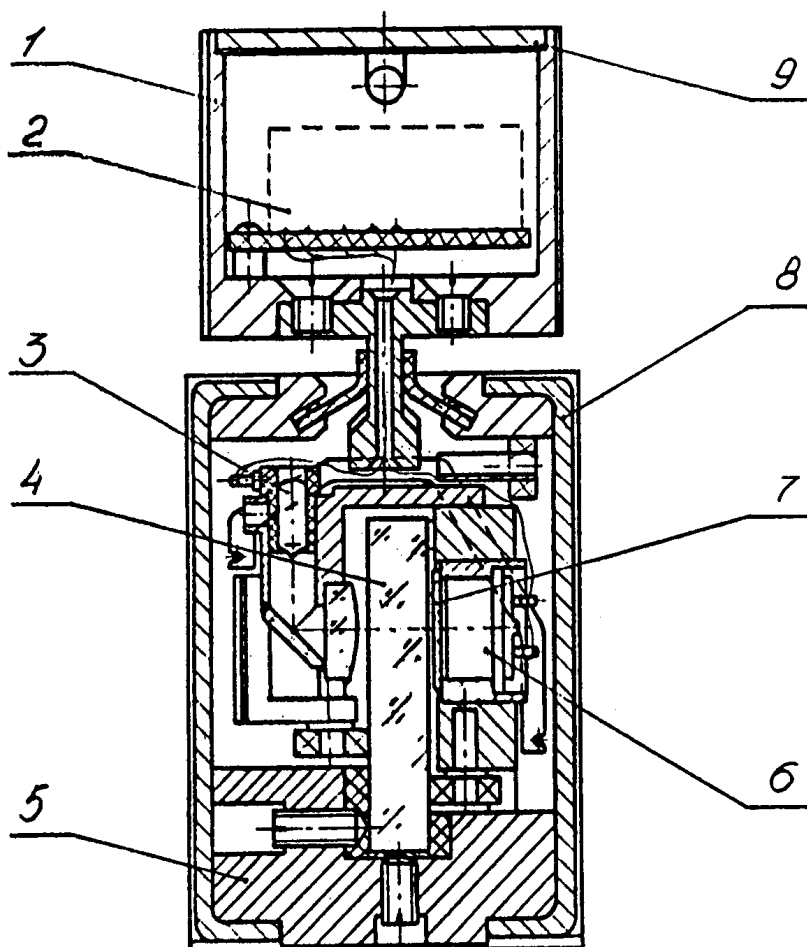


Рис. 10. Преобразователь линейных перемещений:

- 1 – головка преобразователя; 2 – предварительный усилитель;
- 3 – излучатель; 4 – измерительная растровая линейка; 5 – корпус;
- 6 – фотоприемник; 7 – индикаторная линейка; 8 – кожух; 9 – крышка

Головка преобразователя закрывается крышкой 9. Корпус 5 закрывается кожухами 8 с уплотнителями.

5.4. Тормоз

Тормоз предназначен для механической фиксации исполнительного механизма в неработающем состоянии и при аварийном останове центра.

Тормоз (рис. 11) состоит из корпуса 1, являющегося одновременно корпусом пневмоцилиндра, поршня 2, штока 3, с одной стороны которого крепится рейка 4, а с другой – рычаг 10 с упором 9. Корпус 1 запирает крышка 8 с датчиком 11 в виде микросхемы К1116КП1. Между поршнем 2 и крышкой 8 размещены планка 6 и пружина 7.

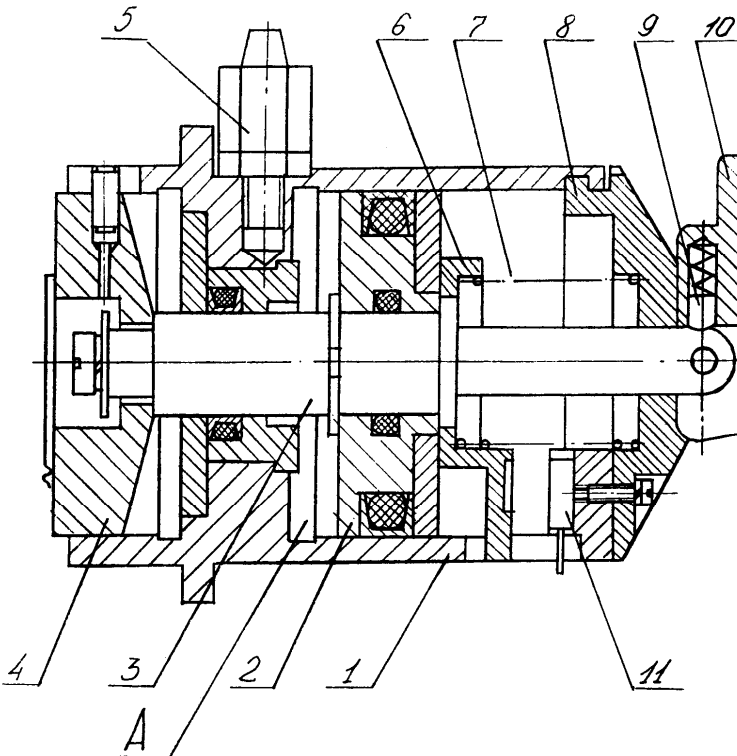


Рис. 11. Тормоз:

- 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – рейка; 5 – штуцер; 6 – планка;
7 – пружина; 8 – крышка; 9 – упор; 10 – рычаг; 11 – датчик

Полость А корпуса 1 является полостью пневмоцилиндра. Подвод воздуха в рабочую полость А производится через штуцер 5.

В неработающем состоянии центра либо в случае аварийного останова полость А корпуса 1 соединяется с атмосферой. Пружина 7 перемещает поршень 2 влево, и при этом зубчатый венец рейки 4, выдвигаясь из корпуса 1, входит в контакт с зубчатой рейкой на корпусе МП и затормаживает МП.

Между планкой 6 и датчиком 11 образовывается зазор – датчик 11 выключается и дает об этом сигнал в УУ.

При включении центра и подаче воздуха в полость А тормоз растормаживает МП, планка 6 включает датчик 11 – в УУ поступает сигнал о том, что МП расторможено.

Для того чтобы растормозить МП вручную, надо повернуть по часовой стрелке на 90° рычаг. При повороте рычаг 10 перемещает шток 3 вправо, растормаживая МП. Упор 9 фиксирует рычаг 10 относительно штока 3.

5.5. Механизм перемещений

Механизм перемещений (рис. 12) предназначен для поворота на программируемый угол сменных частей сборочного центра, устанавливаемых на штифты 12 на его нижней плоскости. Одновременно с этим на корпусе 15 механизма перемещений закреплены две пластины 9, являющиеся статором линейного привода координаты «Z» устройство подачи предметов сборки.

Конструктивно механизм перемещений состоит из корпуса 15, внутри которого проходит вал 10, вращающийся в шарикоподшипниках 8 и 11. На нижнем конце вала закреплен корпус 14, в котором размещаются электрические разъемы для подключения сменных частей, а также резервный штуцер, через который программно может подаваться сжатый воздух. На нижнем торце вала также имеются три отверстия, через которые при установке сменных частей в них подается сжатый воздух через стыковые торцевые уплотнения. Сверху на механизме перемещений установлен редуктор, такой же как в механизме поворота. Шаговый двигатель 7 через гибкую муфту 6 связан с преобразователем круговых перемещений 2. Этот преобразователь является датчиком обратной связи перемещения шагового двигателя 7. Шаговый двигатель 7 через редуктор вращает зуб-

чатое колесо 5, которое с помощью клеммы закреплено на валу 10. Сверху в корпусе имеется упор 4. Такой же упор установлен на зубчатом колесе 5. Эти два упора предотвращают вращение вала 10 более чем на 340°. На зубчатом колесе 5 также закреплен магнит, от которого срабатывает датчик (микросхема К1116КП1). Этот датчик является датчиком исходного положения вала 10. Сверху на корпусе установлен кронштейн 3, на котором закреплен гибкий кожух 1. Коммуникации из механизма перемещений через этот кожух проходят далее в устройство подачи предметов сборки.

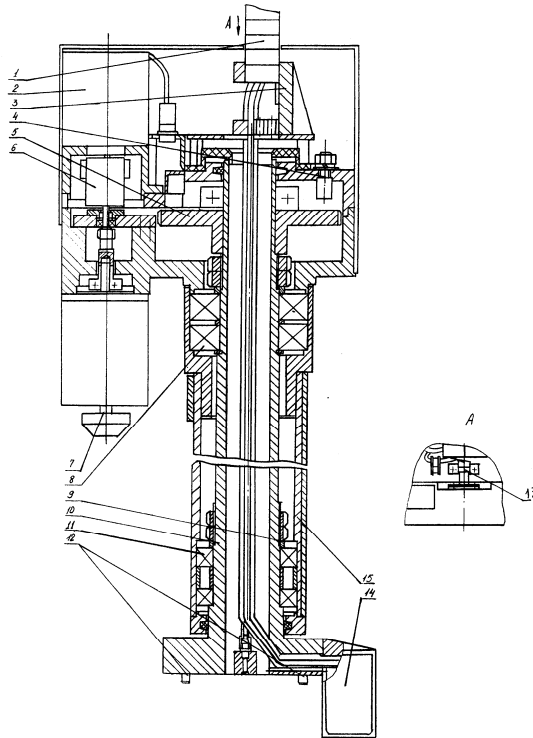


Рис. 12. Механизм перемещений:

- 1 – гибкий кожух; 2 – преобразователь круговых перемещений; 3 – кронштейн;
- 4 – упор; 5 – колесо зубчатое; 6 – муфта; 7 – шаговый двигатель;
- 8 – подшипник; 9 – пластина; 10 – вал; 11 – подшипник; 12 – штифт;
- 13 – датчик; 14 – корпус; 15 – корпус

Механизм перемещений работает следующим образом. По сигналу с управляющей машины на поворот по координате « f » (вращение вала 10) шаговый двигатель 7 от исходного положения начинает вращать через редуктор вал 10. Преобразователь круговых перемещений 2 выдает сигнал о подлинном перемещении шагового двигателя. Управляющая машина сравнивает данные о повороте, заложенные в программе, с данными, полученными от преобразователя круговых перемещений. Если эти данные не совпадают, то управляющая машина рассчитывает дополнительное перемещение и производится доворот шагового двигателя. Передаточное число привода механизма перемещения $i = 1 : 25$.

5.6. Преобразователь круговых перемещений

Преобразователь круговых перемещений (рис. 13) предназначен для преобразования круговых перемещений вала 1 относительно корпуса 10 и получения на выходе усилителя 8 двух сигналов синусоидальной формы.

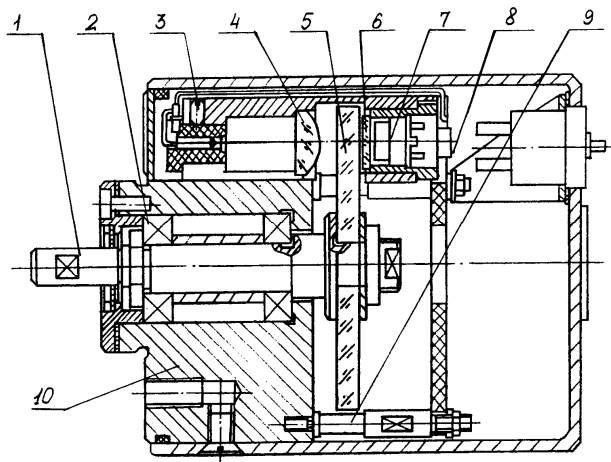


Рис. 13. Преобразователь круговых перемещений:
 1 – вал; 2 – подшипник; 3 – светодиод; 4 – линза; 5 – растровый лимб;
 6 – индикаторный лимб; 7 – фотоприемник; 8 – усилитель;
 9 – кронштейн; 10 – корпус

На валу 1 в подшипниках крепится усилитель 8, который обрабатывает сигналы, получаемые на выходе фотоприемников 7.

В преобразователе круговых перемещений при вращении расстрогового лимба 5 относительно индикаторного лимба 6 светодиод 3 проецирует муаровую картину на фотоприемник 7, сигнал с фотоприемника через конденсорную линзу обрабатывает усилитель 8. На выходе получают квадратурные сигналы SIN и COS.

5.7. Механизм поворота

Механизм поворота (рис. 14) предназначен для поворота револьверной головки, а также для ее фиксации. В механизме поворота расположены электронные усилители сигналов фотоэлектрических датчиков механизмов захватов головки.

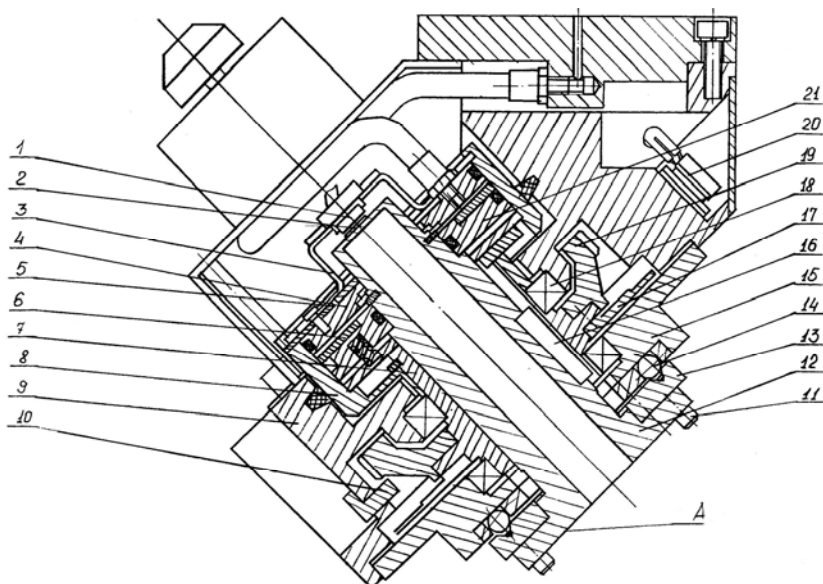


Рис. 14. Механизм поворота:

- 1 – датчик; 2 – магнит; 3 – кронштейн; 4 – крышка; 5 – упор;
- 6 – пружина; 7 – ступица; 8 – корпус пневмоцилиндра; 9 – корпус;
- 10 – упор; 11 – штифт; 12 – вал; 13 – пластина; 14 – сепаратор с шариками;
- 15 – крышка; 16 – шпонка; 17 – диск; 18 – подшипник;
- 19 – колесо зубчатое; 20 – усилитель; 21 – поршень

На механизме поворота также может устанавливаться револьверная головка, имеющая механизмы захватов с датчиками на эффекте Холла.

Конструктивно механизм поворота состоит из корпуса 9, на котором закреплена крышка 15, в которой установлен сепаратор с шариками 14.

Шарики входят в зацепление с лунками, расположенными на пластине 13, которая закреплена на валу 12. На вал на плоскость А на штифты 11 устанавливается одна из вышеупомянутых револьверных головок. На валу также закреплён поршень 21, в отверстиях которого установлены пружины 6, которые прижимают вал к шарикам сепаратора 14, таким образом точно базируя вал и фиксируя его от проворота. На вал одета ступица 7. Ступица фиксируется от проворота на валу шпонкой 16. На ступице закреплены зубчатое колесо 19, диск датчика обратной связи 17, два подшипника 18 и корпус пневмоцилиндра 8. В корпус пневмоцилиндра сверху вставлена крышка 4 с резинофторопластовым уплотнением, предотвращающим утечку воздуха. От поворота в корпусе пневмоцилиндра крышку удерживает упор 5, входящий в паз корпуса пневмоцилиндра. На крышке также установлен кронштейн 3 с датчиком 1. Датчик представляет собой интегральную схему К1116КП1, реализующую эффект Холла. Датчик срабатывает от магнита 2, закреплённого на валу 12.

Зубчатое колесо 19 входит в зацепление с трехступенчатым двухветвевым редуктором (рис. 15).

На валу двигателя 4 с помощью клеммы закреплена шестерня 3, которая входит в зацепление с блоками шестерен 2 и 13. Левый по рисунку блок шестерен 2 входит в зацепление с блоком шестерен 1, а правый – с зубчатым колесом 6. Это зубчатое колесо своим торцом входит в зацепление с храповой полумуфтой 9. От поворота на валу 8 храповое колесо зафиксировано шпонкой 7. Пружина 11 прижимает полумуфту 9 к зубчатому колесу 6. Пружина 10 одним своим концом зафиксирована в храповой полумуфте, а вторым – в зубчатом колесе 12. Для выбора бокового зазора в редукторе нужно снять крышку 5, повернуть вал 8 по часовой стрелке на 60°.

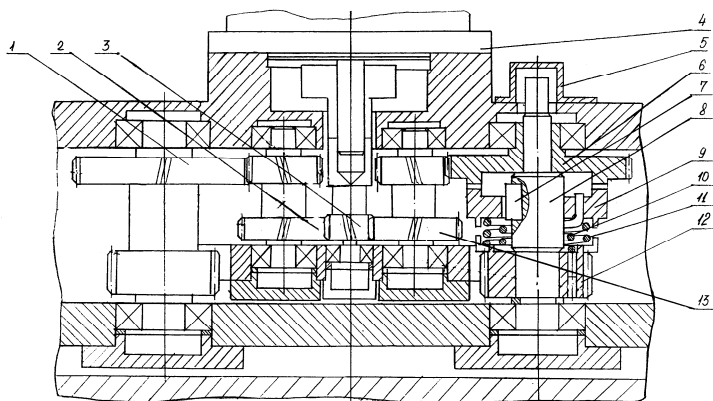


Рис. 15. Редуктор:

1, 2, 13 – блоки шестерен; 3 – вал шестерен; 4 – шаговый двигатель; 5 – крышка;
6, 12 – колеса зубчатые; 7 – шпонка; 8 – вал; 9 – храповая полумуфта;
10, 11 – пружины

Диск 17 датчика обратной связи (см. рис. 14) входит в прорезь датчика 1 (рис. 14). Диск имеет четыре паза шириной 0,5, 1, 1,5 и 2 мм. Электрический сигнал с фотодиода усиливается электронным усилителем 2 (см. рис. 10), который представляет собой гибридную интегральную схему.

Механизм поворота работает следующим образом (рис. 16).

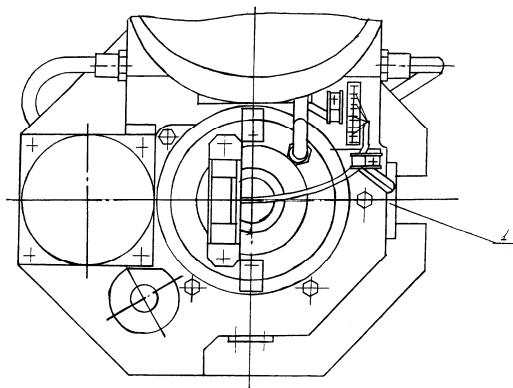


Рис. 16. Механизм поворота:

1 – датчик

По сигналу с управляющей машины на поворот револьверной головки сначала из блока пневмоцилиндра воздуха установки сборки в верхнюю полость пневмоцилиндра подается сжатый воздух под давлением 0,4 – 0,6 МПа (4 – 6 атм). Поршень 21 толкает вал 12 вниз, и происходит расфиксация шарикового фиксатора. При этом сигнал с датчика 1 должен исчезнуть. Если этого не произошло, то команда считается невыполненной. Далее на шаговый двигатель поступает сигнал на поворот револьверной головки на определенный угол. После поворота зубчатого колеса на этот заданный угол против датчика 1 (см. рис. 14) оказывается один из пазов диска 17. Датчик выдает на управляющую машину сигнал, говорящий о ширине этого паза. Управляющая машина сравнивает полученный сигнал с требуемым по программе. Если они совпали, то далее от машины поступает на блок подготовки воздуха и стравливается воздух из верхней полости пневмоцилиндра. Пружины 6 толкают поршень 21 пневмоцилиндра вверх, и происходит зафиксация шарикового фиксатора. Об этом должен сигнализировать датчик 1.

Передаточное число привода механизма поворота

$$i = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_5}{z_6} = \frac{20}{40} \cdot \frac{24}{100} = 1 : 20,83.$$

5.8. Головка револьверная

Головка револьверная (рис. 17) предназначена для ориентации закрепленных на ней механизмов захватов в пространстве. Головка имеет два исполнения. В одном исполнении на ней закреплены четыре механизма: захвата с оптоэлектронными датчиками положения губок, в другом – с датчиками, использующими эффект Холла.

Головка револьверная каждого из исполнений состоит из корпуса 15, на котором закреплены четыре механизма захвата 16. В корпусе также установлен электрический разъем 14, на который распаяны датчики со всех четырех механизмов захватов.

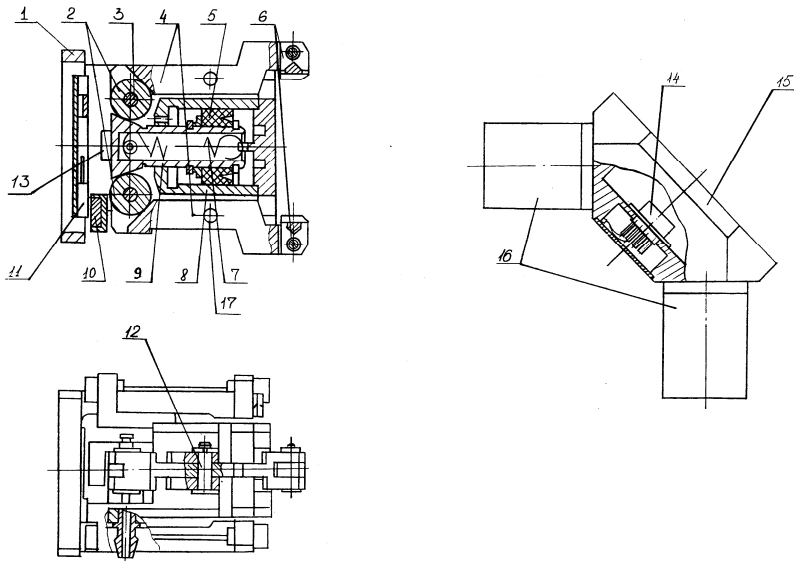


Рис. 17. Головка револьверная и механизм захвата с датчиком на эффекте Холла:
 1 – основание; 2 – диск; 3 – ось; 4 – рычаг; 5 – поршень; 6 – губка; 7 – пружина;
 8 – корпус; 9 – шток; 10 – магнит; 11 – датчик; 12 – ось; 13 – подвес;
 14 – разъем; 15 – корпус; 16 – механизм захвата; 17 – ось

5.9. Механизм захвата

Механизм захвата с оптоэлектронным датчиком (рис. 18) служит для захватывания деталей типа «тела вращения» и косвенной оценки их диаметра с точностью до 0,1 мм. Он состоит из корпуса 9, в котором перемещается шток пневмоцилиндра 17 с полиуретановым уплотнением 15. На штоке 17 закреплена зубчатая рейка 18, которая при перемещении штока вращает зубчатое колесо 4, установленное в шарикоподшипниках 5. Зубчатое колесо 4 входит в зацепление с другой зубчатой рейкой 16. Зубчатая рейка 18 через палец 19 связана с кареткой 20, которая движется в направляющих 7 и 12 по роликам 2. Другая зубчатая рейка 16 жестко связана с кареткой 13, которая движется в направляющих 1 и 12 по роликам 2. На каретке 13 закреплена губка 8. Таким образом, при перемещении штока пневмоцилиндра 17 губки совершают возвратно-поступательное движение, осуществляя захват детали. Снизу в захвате имеется подпру-

жиненный конической пружиной 10 плунжер 11. Он выталкивает деталь из губок при их разжатии. Сверху захвата расположен оптоэлектронный датчик 3, в пазу которого перемещается шторка 6. По перемещению шторки можно оценить перемещение губок. Таким образом, если сначала зажать в захвате деталь известного диаметра, то при захвате последующих деталей можно оценить, насколько каждая из них по размерам больше или меньше эталонной. Механизм захвата закрепляется на корпусе головки револьверной с помощью четырех подвесов диаметром 1,6 мм (на рис. 18 не показаны), поэтому относительно этого корпуса он может совершать плоскопараллельное перемещение.

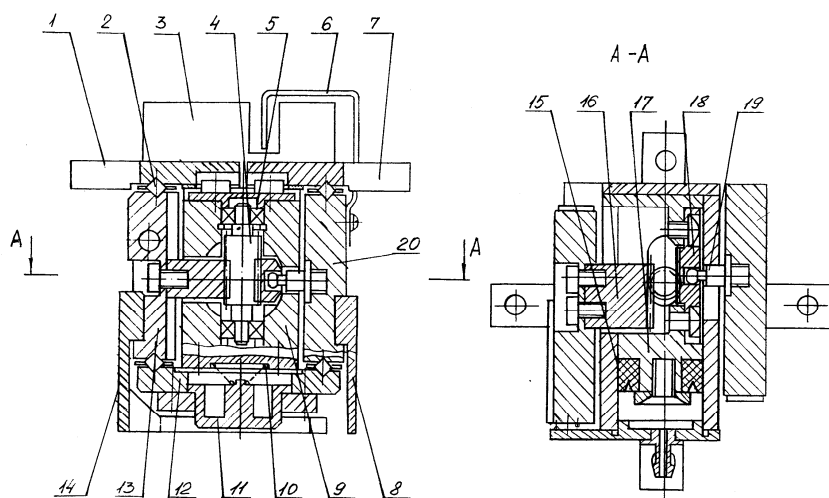


Рис. 18. Механизм захвата с оптоэлектронным датчиком:

- 1 – направляющая; 2 – ролик; 3 – датчик; 4 – колесо зубчатое;
- 5 – подшипник; 6 – шторка; 7 – направляющая; 8 – губка; 9 – корпус;
- 10 – пружина коническая; 11 – плунжер; 12 – направляющая;
- 13 – каретка; 14 – губка; 15 – уплотнение полиуретановое;
- 16, 18 – рейки; 17 – шток; 19 – палец; 20 – каретка

Механизм захвата с датчиком на эффекте Холла (см. рис. 17) служит для захватывания деталей типа «тела вращения». По конструкции он проще механизма захвата, описанного выше, и состоит из корпуса 8, в котором перемещается шток 9 с полиуретановым поршнем 5. В одну

сторону шток перемещается при помощи сжатого воздуха, а в другую – при помощи пружины 7, находящейся внутри штока. Своей конической поверхностью шток давит на диски 2, которые одеты на оси 3 на одном из концов рычагов 4. Эти рычаги качаются вокруг осей 17. На другом конце этих рычагов закреплены губки 6. На одном из рычагов 4 закреплен магнит 10, а на основании 1 установлен датчик 11 на эффекте Холла, срабатывающий от этого магнита, таким образом фиксируя момент расжатия захвата. Корпус 8 связан с основанием 1 с помощью трех гибких подвесов 13 диаметром 1,6 мм. Этим достигается возможность плоскопараллельного перемещения корпуса 8 с губками 6 относительно основания 1.

5.10. Устройство сборки

Устройство сборки (УС) Я2М3.909.027 изображено на рис. 19.

В процессе сборки ротора шагового двигателя УС выполняет следующие операции:

- 1) ориентацию деталей ротора;
- 2) фиксацию деталей ротора;
- 3) запрессовку вала ротора;
- 4) опрессовку дисков на валу ротора.

Максимальная величина хода УС при наборе пакета дисков – 60 мм, при выполнении запрессовки – 140 мм.

Усилие запрессовки и опрессовки можно регулировать изменением давления воздуха в соответствующих магистралях блока подготовки воздуха (БВП).

Конструктивно УС состоит из следующих основных механизмов и узлов:

- 1) привода механизма перемещения МФ11;
- 2) механизма фиксации 7;
- 3) механизма запрессовки 13;
- 4) опоры верхней 4;
- 5) опоры нижней 6;
- 6) упора 8.

Все узлы УС собраны на корпусе 1, который является основной несущей деталью.

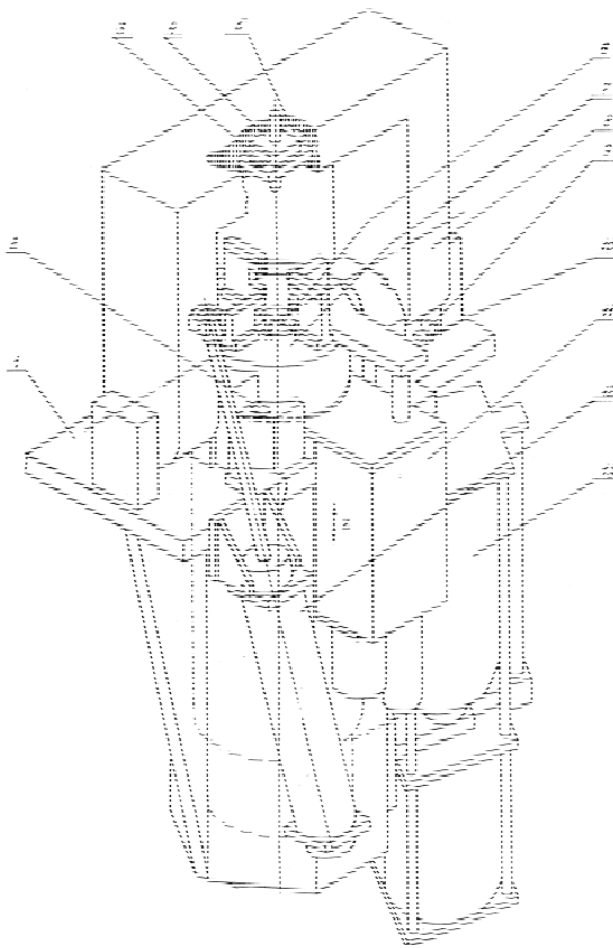


Рис. 19. Устройство сборки:

- 1 – корпус; 2 – датчик исходного положения; 3 – датчик окончания запрессовки;
- 4 – опора верхняя; 5 – датчик окончания опрессовки; 6 – опора нижняя;
- 7 – механизм фиксации; 8 – упор; 9, 10 – датчики конечных положений упора;
- 11 – привод; 12 – привод упора; 13 – механизм запрессовки

Работу УС рассмотрим на примере сборки ротора двигателя ДШИ-200-1. В исходном положении упор 8 находится в горизонтальном положении, оправка 13 (рис. 20) вместе с опорой нижней 6 (см. рис. 19) и механизмом фиксации 7 находится в исходном положении, внизу, как показано на рис. 19. Фиксаторы 9, 10 (рис. 21) разведены.

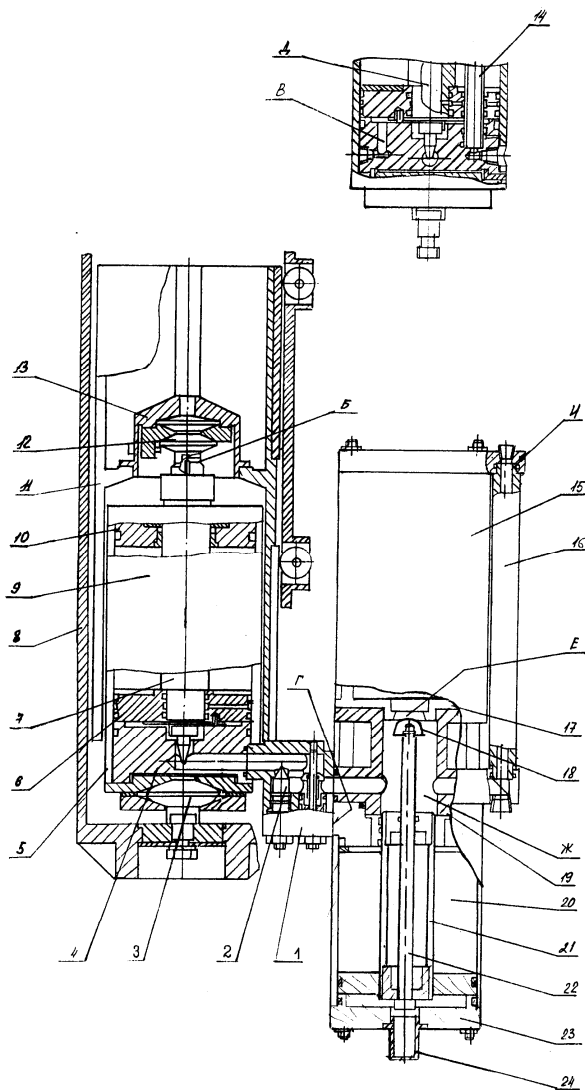


Рис. 20. Механизм запрессовки (МЗ):

- 1 – дроссель; 2 – игла; 3, 12 – опоры сферические; 4 – крышка нижняя;
 5 – гильза; 6 – поршень; 7, 21 – шток полый; 8 – корпус; 9 – цилиндр запрессовки;
 10 – крышка верхняя; 11 – направляющая цилиндрическая; 13 – оправка;
 14, 16 – трубки; 15, 20 – цилиндры; 17, 23 – крышки; 18 – пробка;
 19 – преобразователь пневмогидравлический; 22 – штанга; 24 – пружина

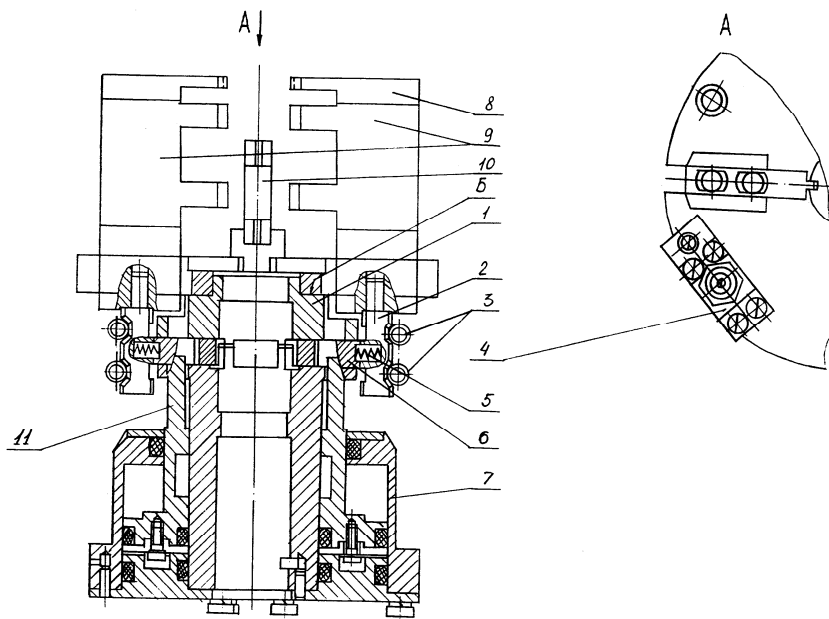


Рис. 21. Механизм фиксации:

1 – фланец; 2 – палец; 3, 5 – пружины; 4 – дроссель; 6 – плунжер;
7 – пневмоцилиндр; 8 – направляющий фиксатор; 9, 10 – фиксаторы; 11 – шток

УП 5 (см. рис. 4) последовательно устанавливает на стакан 3 (рис. 22) пакет деталей ротора: первый диск 15 (рис. 23), магнит 14, второй диск 13. При установке диска и магниты получают дополнительное направление заходными фасками. Первый диск 15 по углу фиксируется фиксатором 16, а второй диск фиксируется фиксаторами 9 (см. рис. 21) механизма фиксации. УП вставляет вал 12 (рис. 23) в центральное отверстие стопы предварительно собранных дисков и магнита, причем вал входит в отверстие своим заходным участком с зазором. Нижнее центровое отверстие вала попадает на конус оси 7 (см. рис. 22) и тем самым ориентирует вал в вертикальном положении. УП уходит в позицию ожидания. Привод 12 (см. рис. 19) упора 8 поднимает последний в вертикальное положение, при этом ось опоры верхней 4 совмещается с осью опоры нижней 6. Правильность положения упора 8 определяется датчиком 9.

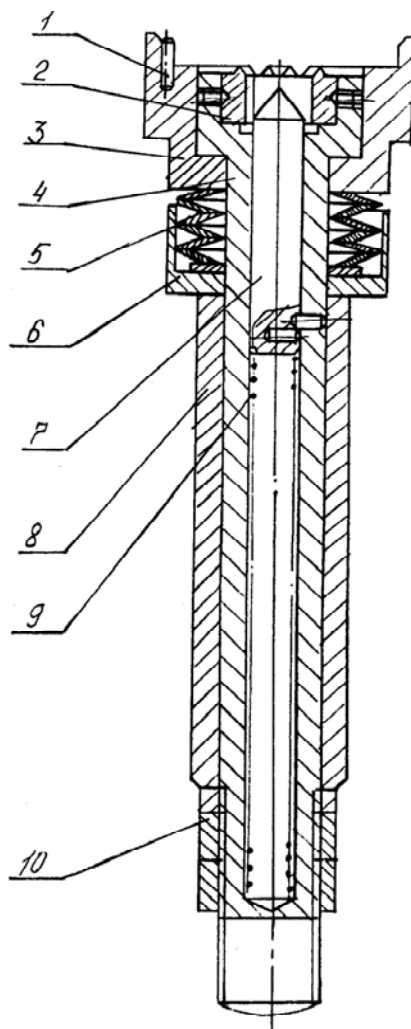


Рис. 22. Опора нижняя:

1 – штифт; 2 – керн; 3 – стакан; 4 – оправка; 5 – пружина тарельчатая;
6 – кольцо; 7 – ось; 8 – втулка; 9 – пружина; 10 – гайка

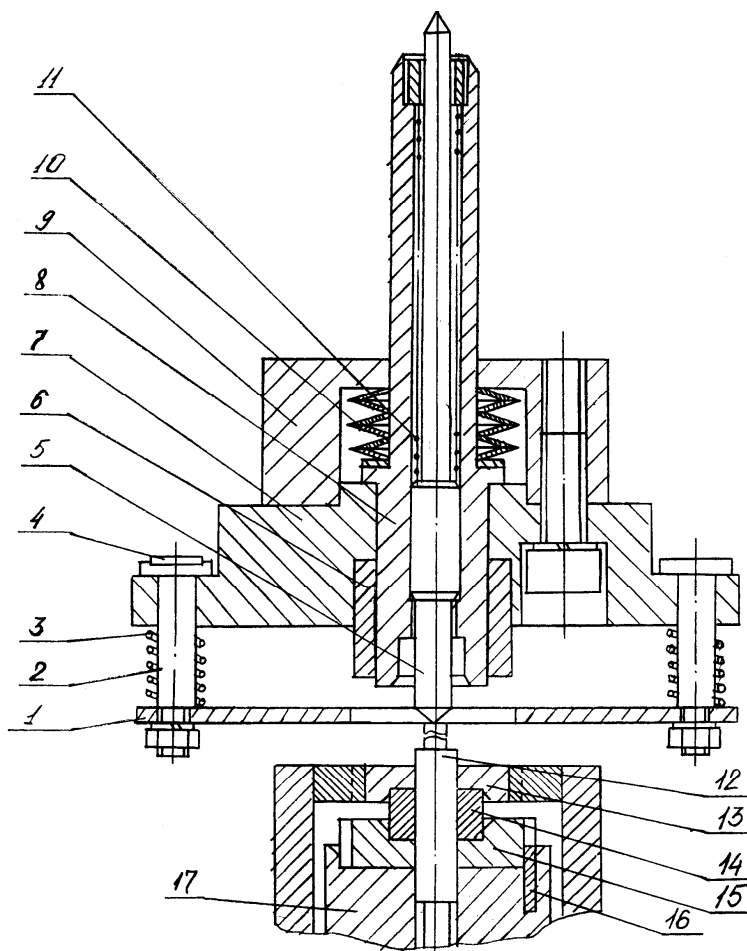


Рис. 23. Опора верхняя:

- 1 – пластина; 2, 5 – оси; 3, 11 – пружины; 4, 14 – магниты; 6 – керн; 7 – корпус;
 8 – опора; 9 – стакан; 10 пружина тарельчатая; 12 – вал; 13 – 2-й диск;
 15 – 1-й – диск; 16 – фиксатор по углу; 17 – опора нижняя

По команде от датчика 9 начинается запрессовка вала ротора. Поршень 6 механизма запрессовки (см. рис. 20) перемещается вместе со штоком 7, сферической опорой 12, оправкой 13 и установленной в ней опорой нижней 6 (см. рис. 19) вверх.

Комплект предварительно собранных деталей ротора, перемещаясь на опоре нижней вверх, достигает опоры верхней, причем верхний торец вала 12 (см. рис. 23) центровым отверстием попадает на конус оси 5.

Пружина 11 сжимается, ось 5 утапливается, а вал, заплечиком упираясь в торец опоры 8, останавливается.

Диски 13, 15 и магнит 14, продолжая двигаться вверх на опоре нижней 17, запрессовываются на вал ротора.

В конце хода запрессовки верхний торец второго диска 13, воздействуя на пластину 1 и сжимая пружину 2, перемещает ось 2 с магнитом 4 вверх, по направлению к датчику окончания запрессовки 3 (см. рис. 19). Датчик окончания запрессовки 3 под воздействием магнита 4 (см. рис. 23) дает в УУ команду об окончании запрессовки и начале опрессовки комплекта дисков на валу 12.

Опрессовка дисков производится при высоком давлении в полости Ж (см. рис. 20) механизма запрессовки. Тарельчатые пружины 10 (см. рис. 23) и 5 (см. рис. 22) сжимаются, и керны 2 и 6 (см. рис. 22, 23) производят кернения на верхней и нижней поверхности дисков 13 и 15 соответственно. Окончание опрессовки определяется датчиком окончания опрессовки 5 (см. рис. 19). По команде от датчика окончания опрессовки МЗ возвращает шток 7 (см. рис. 20) с собранным ротором вниз в исходное положение до срабатывания ДИП 2, привод упора 12 опускает упор 8 в исходное положение, УП перемещает револьверную головку 11 в зону сборки и захватывает собранный ротор МЗ 12. Механизм фиксации 7 (см. рис. 19) разводит фиксаторы 9 (см. рис. 21), тем самым освобождая собранный ротор.

Привод дает команду механизму фиксации (МФ) при наборе пакета дисков во время сборки ротора.

Привод состоит из смонтированных в корпусе 7 шагового двигателя 3 (рис. 24), который через пару зубчатых колес 5, 6 приводит в движение винт ВГК 10, установленный в корпусе 7 в подшипниках 9, 16, и цилиндра разгрузки ВГК 4. К гайке ВГК крепится пластина 12, относительно которой выставляется кронштейн 11. Кронштейн 11 закреплен на штоке 2, установленном в корпусе 7 во втулках 8, 14. Оба торца штока имеют сферические поверхности. Левым торцом шток упирается в поршень 1 цилиндра разгрузки 4, другим воздействует на корпус МФ.

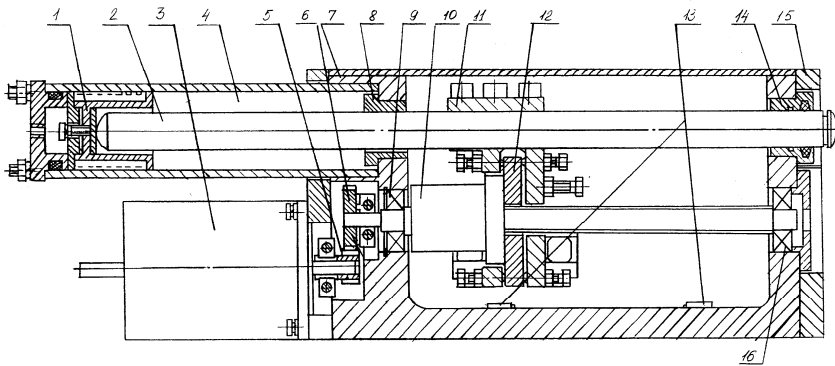


Рис. 24. Привод механизма перемещения механизма фиксации:
 1 – поршень; 2 – шток; 3 – шаговый двигатель; 4 – цилиндр разгрузки ВГК;
 5, 6 – зубчатые колеса; 7 – корпус; 8, 14 – втулки;
 9, 16 – подшипники; 10 – ВГК; 11 – кронштейн;
 12 – пластина; 13 – датчики конечных положений; 15 – крышка

За один оборот двигателя шток переместится на величину

$$\frac{z_1}{z_2} \cdot t_{\text{в}} = \frac{24}{54} \cdot 4 = 1,778 \text{ мм,}$$

где $t_{\text{в}}$ – шаг винта ВГК.

Привод оснащен датчиками 13 конечных положений штока 2.

5.11. Механизм фиксации

Механизм фиксации (МФ, см. рис. 21), предназначен для зажима дисков роторов двигателей ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3, ДШИ-200-0,5, взаимной ориентации дисков и удержания их в ориентированном положении до окончания сборки ротора. МФ состоит из фланца 1, на котором сверху установлены две пары фиксаторов 9, 10, имеющие возможность перемещения навстречу друг другу.

Фиксаторы 9, 10 несут на себе пальцы 2. Снизу к фланцу 1 крепится пневмоцилиндр 7, шток которого входит в клиновые пазы плунжеров 6, установленных в фланце 1 с возможностью переме-

щения. Фиксаторы 9, 10 поджимаются к плунжерам 6 пружинами 3. Для разведения фиксаторов 9, 10 воздух падает в нижнюю полость пневмоцилиндра 7; шток 11, взаимодействуя с плунжерами 6, разводит их, а плунжеры 6, в свою очередь, разводят фиксаторы 9, 10.

При подаче воздуха в верхнюю часть пневмоцилиндра 7 шток 11 смещается вниз, освобождая плунжеры 6 и фиксаторы 9, 10 которые под действием пружины 3 перемещаются навстречу друг другу, осуществляя при этом зажим деталей. Скорость перемещения фиксаторов 9, 10 регулируется дросселем 4.

К фиксаторам 9 крепятся фиксаторы 8, которые ориентируют диски ротора при наборе их в пакет.

5.12. Механизм запрессовки

Механизм запрессовки (см. рис. 20) производит запрессовку вала ротора в пакет дисков, центрирование вала при запрессовке, опрессовку дисков на валу.

Механизм запрессовки состоит из следующих основных узлов:

- 1) преобразователь пневмогидравлический;
- 2) дроссель 1;
- 3) цилиндр запрессовки 9;
- 4) направляющая 11.

Все узлы механизма запрессовки собраны на корпусе 8, являющемся основной несущей деталью

Цилиндр запрессовки состоит из гильзы 5, поршня 6, полого штока 7, трубки для подачи воздуха в штоковую полость цилиндра, верхней 10 и нижней 4 крышек. В корпусе 8 цилиндр запрессовки установлен на сферической опоре 3.

Поршень 6 имеет сверление Д, связанное с атмосферой через полость штока 7, и отверстие Б в опоре сферической 12.

В нижней крышке 4 выполнено отверстие В. Сверления и отверстия сделаны для разделения полостей, заполненных воздухом и маслом. К нижней крышке 4 цилиндра запрессовки крепятся дроссель 1 и преобразователь пневмогидравлический 19.

Преобразователь пневмогидравлический состоит из цилиндров 15, 20, собранных на фланце Г, трубки 16 для заливки масла.

Цилиндр 15 представляет собой масляный бак, а цилиндр 20 является гидроусилителем с коэффициентом увеличения давления 5,8.

Цилиндр 20 имеет полый шток, внутри которого установлена с возможностью перемещения штанга 22 с пробкой 18. Штанга 22 подпружинена относительно крышки 23 пружиной 24 таким образом, что при движении штока 21 вверх пружина 24 выталкивает штангу 22 с пробкой 18 и пробка 18 перекрывает отверстие Е в крышке 17 цилиндра 15. Таким образом, цилиндр 15 отсекается от полости Ж, в которой создается повышенное давление. К штоку 7 цилиндра запрессовки 9 через сферическую опору 12 крепится цилиндрическая направляющая 11 с оправкой 13. Цилиндрическая направляющая 11 установлена в корпусе 8 на опорах качения. Скорость перемещения направляющей 11 регулируется иглой 2 дросселя 1.

5.13. Опора верхняя

Опора верхняя (см. рис. 23) состоит из корпуса 7 и стакана 9, в которых установлена опора 8, подружиненная относительно стакана 9 тарельчатыми пружинами 10, и керн 6. Внутри опоры 8 находится подружиненная относительно нее пружиной 11 ось 5. К корпусу 7 присоединена подружиненная пружинами 3 пластина 1, причем на торцевой поверхности одной из осей 2 закреплен магнит 4.

5.14. Опора нижняя

Опора нижняя (см. рис. 22) представляет собой оправку 4 с керном 2 и стаканом 3, которая размещается во втулке 8 и кольце 6. Оправка 4 имеет возможность перемещаться вдоль оси втулки 8 и подпружинена относительно нее тарельчатыми пружинами 5. Внутри оправки 4 установлена ось 7, подружиненная пружиной 9, имеющая возможность перемещаться вдоль оси оправки. 4. Усилие предварительной деформации тарельчатых пружин 5 регулируется гайками 10. В стакане 3 размещен штифт 1, являющийся фиксатором по углу для диска ротора.

5.15. Блок подготовки воздуха

Блок подготовки воздуха (БПВ) предназначен для очистки воздуха от пыли и влаги, стабилизации и регулирования давления, аккумуляции и регулирования воздуха под давлением, подачи распыленного масла

к исполнительным механизмам, измерения давления и сигнализации в случае его падения.

БПВ состоит из 4 функциональных магистралей. Подводящая магистраль I (рис. 25) состоит из 2 фильтров-влагоотделителей, датчика давления и редукционного клапана. Проходя через фильтры влагоотделителя, воздух фильтруется, и отделяется влага. Редукционный клапан служит для грубой стабилизации установленного по манометру давления. В случае падения давления на входе датчик давления сигнализирует об этом в систему управления.

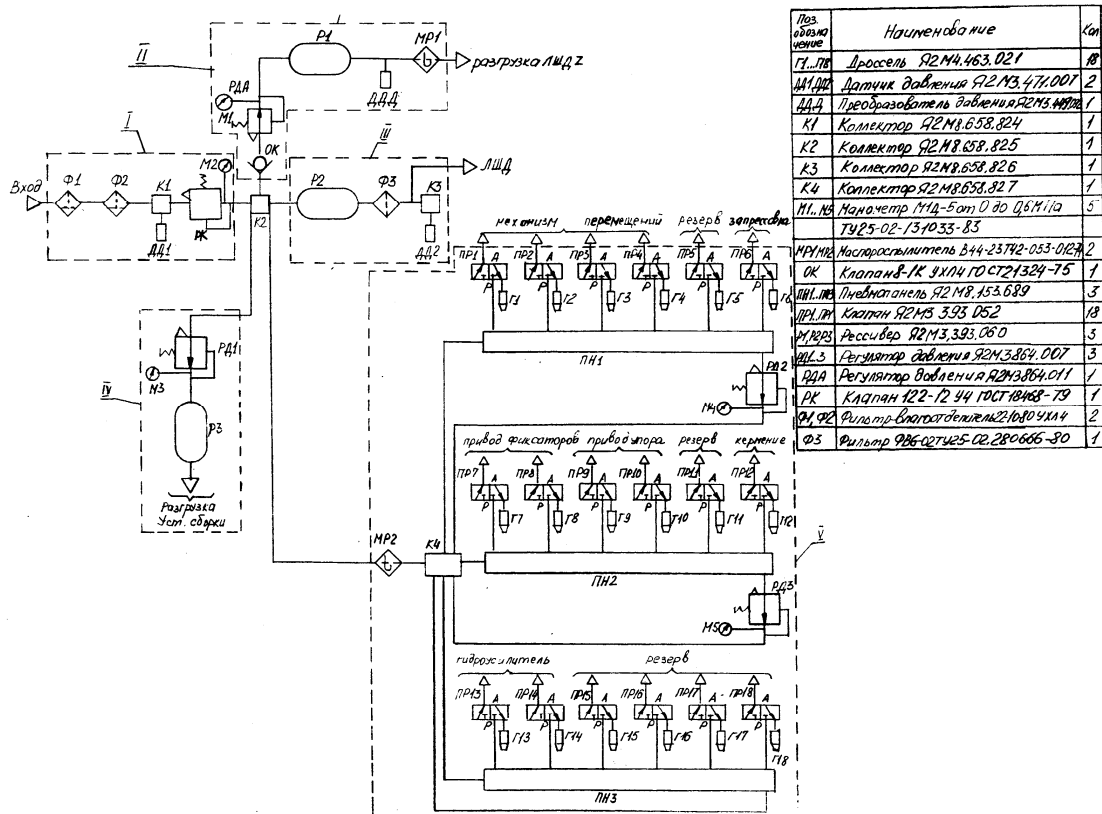
Магистраль II состоит из обратного клапана, автоматического регулятора давления, ресивера, преобразователя давления и маслораспылителя. Проходя по магистрали, воздух накапливается в ресивере под давлением, заданным автоматическим регулятором давления. Магистраль служит для разгрузки двигателя координаты «Z». Для измерения давления и подачи соответствующих сигналов в систему управления на выходе из ресивера стоит преобразователь двигателя. Обратный клапан запирает магистраль, а маслораспылитель образует масляный туман для смазки разгружающего пневмоцилиндра.

Магистраль III состоит ресивера, фильтра тонкой очистки воздуха и датчика давления. Магистраль служит для стабилизации давления и тонкой очистки воздуха для ЛШД установки.

Магистраль IV состоит из регулятора давления и ресивера и служит для разгрузки устройства сборки.

Магистраль V состоит из маслораспылителя, регуляторов давления, клапанов и глушителей и служит для подачи масляного тумана к исполнительным механизмам и регулировки давления в цилиндрах запрессовки и кернения.

Регулятор давления (РД) предназначен для автоматического и ручного изменения давления воздуха от 0 до 6 кгс/см². РД состоит из корпуса 3 (рис. 26), к которому крепятся двигатель 2 типа ДШИ и корпус 13. Двигатель через клемму 4 соединен с ходовым винтом 5, на который навинчена гайка 6. На гайке закреплены винты 8 с магнитами 7. В корпусе 3 находятся пружина 10 и датчик 9, имеющие возможность перемещаться. Между корпусами 3 и 13 зажата мембрана 11. В корпусе 13 находятся клапан 16, шток 14 и пружина 15. В корпусе 13 есть три отверстия для подводящей и отводящей магистралей и для манометра 12.



Поз. обозначение	Наименование	Кол.
Г1...П18	Дроссель Я2М4.463.021	18
М1,М2	Датчик давления Я2М3.471.001	2
АА1	Преобразователь давления Я2М3.471.001	1
К1	Коллектор Я2М8.658.824	1
К2	Коллектор Я2М8.658.825	1
К3	Коллектор Я2М8.658.826	1
К4	Коллектор Я2М8.658.827	1
П1, П5	Манометр П10-5 от 0 до 0,5 МПа	5
	ТУ 25-02-13-1033-83	
МРМ2	Маслорасширитель 844-23792-053-0129	2
OK	Клапан ОК УИИ4 ГОСТ 1329-75	1
ВН1, ВН2	Пневматонь Я2М8.453.689	3
ПН1, ПН	Клапан Я2М3.393.052	18
Р1, Р2, Р3	Редуктор Я2М3.393.050	3
Ф1, Ф2	Регулятор давления Я2М3.384.001	3
РД1	Регулятор давления Я2М3.384.011	1
К1	Клапан К22-12 44 ГОСТ 18168-79	1
Ф1, Ф2	Фильтр-благородитель Я2М3.414	2
Ф3	Фильтр Я2М3.414-02.280666-80	1

Рис. 25. Блок подготовки воздуха. Схема пневматическая принципиальная

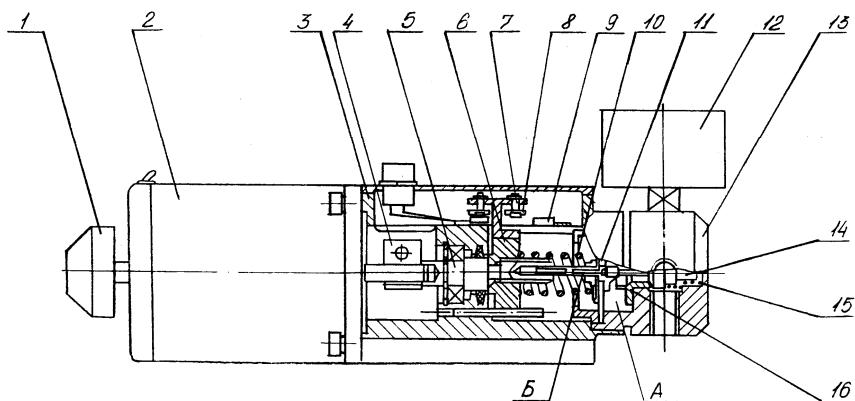


Рис. 26. Регулятор давления:

- 1 – ручка; 2 – двигатель; 3, 13 – корпуса; 4 – клемма; 5 – ходовой винт;
 6 – гайка; 7 – магнит; 8 – винт; 9 – датчик; 10, 15 – пружины;
 11 – мембрана; 12 – манометр; 14 – шток; 16 – клапан

Вращение от двигателя 2 передается на ходовой винт 5, и гайка 6 отжимает пружину 10. Пружина 10 давит на мембрану 11, которая в свою очередь отжимает шток 14 от клапана 16. Таким образом, вращая вал двигателя 2, можно регулировать зазор между штоками 14 и клапаном 16.

Воздух из подводящей магистрали через зазор попадает в полость А и сжимает пружину 10. Пружина 15 поджимает шток 14 к клапану 16. Пружины 10, 15 и мембрана 11 рассчитаны таким образом, что в полости А происходит редуцирование давления, и отредуцированный воздух попадает в отводящую магистраль и на манометр.

В случае увеличения давления в отводящей магистрали по сравнению с установленным избыточное давление сбрасывается в атмосферу через канал Б, т.е. РД работает как предохранительный клапан. В автоматическом режиме количество оборотов двигателя, в зависимости от необходимого давления, задается по программе и в импульсах передается на двигатель 2, который вращает ходовой винт 5. Информация о предельных состояниях давления поступает от датчиков 9 исходного и конечного положения, срабатывающих от магнита 7. Ручная регулировка давления производится с помощью ручки 1 по манометру 12.

Литература

1. Я2М1.053.008ТО. Техническая документация по сборочному центру СБ001.
2. Онегин Е.Е., Зенькович В.А., Битно Л.Г. Автоматическая сборка ИС. – Мн.: Выш. школа, 1990. – 382 с.
3. Тищенко О.Ф. Элементы приборных устройств. – М.: Выш. школа, 1978. – 230 с.
4. Авторское свидетельство СССР НР 26210 – 1989.
5. Авторское свидетельство СССР НР 1454638 кл. В23Р 19/02, 1988.
6. Авторское свидетельство СССР НР 1391859, кл В23Р 19/02, 1988.
7. Авторское свидетельство СССР НР 1539039, кл В23Р 19/02, 1988.
8. Авторское свидетельство СССР НР 1509213, кл В23Р 19/02, 1988.
9. Авторское свидетельство СССР НР 1313693, кл В25J 11/60.
10. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
11. Dimov H., Dobrinov V. Boiadjiev T. Experimental investigation of pose repeatability of manipulating Problems of Engeneering. // Cybernetics and Robotics. – 1997. – No 6. – P. 106 – 111.
12. Филонов И.П., Медведев А.И. Вероятностно-статистические методы оценки качества в машиностроении: Учеб. пособие. – Мн.: БГПА, 1993.

Лабораторная работа

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
И ПОЗИЦИОННОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ**

Цель работы: Исследование точностных характеристик (точности позиционирования и позиционной повторяемости).

Основные положения

Точность позиционирования и позиционная повторяемость конкретной координаты обслуживаемого пространства являются одними из основных характеристик манипуляторов-роботов, где точность отработки траектории и позиционная повторяемость в промежуточных точках не являются важными. Такая ситуация характерна для манипуляторов – роботов с позиционным управлением, которые наиболее часто встречаются при использовании роботов на транспортных операциях, а также часто и на сборочных операциях.

Точность позиционирования определяется разностью между заданным и средним значением фактического положения рабочей точки манипулятора при повторных выходах в заданную позицию (в соответствии с требованиями стандарта ISO/DIS 9283). Основные положения данного стандарта заключаются в следующем:

- измерения должны проводиться не менее чем в 5 точках в рабочей зоне манипулятора;
- измерения должны проводиться при максимальном грузе в схвате манипулятора;
- измерения должны проводиться с максимальной скоростью перемещения звеньев манипулятора;
- минимальное число циклов при позиционировании в заданной точке равно 30.

Точность позиционирования рабочего органа ΔL можно выразить как

$$\Delta L = \sqrt{(\underline{x} - x_3)^2 + (\underline{y} - y_3)^2 + (\underline{z} - z_3)^2}, \quad (\text{П1})$$

где $\underline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, $\underline{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ и $\underline{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$

x_3 , y_3 и z_3 – координаты заданной точки в рабочей зоне манипулятора-робота;

x_i , y_i и z_i – координаты фактических точек, полученных при i -м повторе позиционирования;

\underline{x} , \underline{y} и \underline{z} – среднее значение координат фактической точки позиционирования после n повторов задания.

При оценке точности позиционирования вдоль оси Y выражение (П1) принимает вид

$$\Delta L_Y = \underline{y} - y_3.$$

На основании полученных значений точности позиционирования ΔL (ΔL_Y) в заданных точках делают заключение о точности позиционирования вдоль координаты Y .

Позиционная повторяемость определяет степень отклонения заданных координат рабочей точки манипулятора после n повторов позиционирования в одной и той же точке при одинаковых условиях вывода в данную точку, то есть при выходе в заданную точку позиционирования по одной и той же траектории. Позиционная повторяемость для данной точки определяется значением параметра r , который является радиусом сферы (круга), в которую попадает рабочая точка манипулятора. Данный параметр вычисляется на основе следующего выражения:

$$r = \underline{D} + 3S_D,$$

где

$$\underline{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i,$$

$$D_i = \sqrt{(x_i - \underline{x})^2 + (y_i - \underline{y})^2 + (z_i - \underline{z})^2},$$

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \underline{D})}{n-1}}.$$

Для оценки позиционной повторяемости вдоль оси Y по результатам измерений необходимо заполнить таблицу (табл. П1).

Т а б л и ц а П 1

Номер измерения в конечной точке позиционирования n_i	Заданная величина перемещения от базовой точки y_3 (мкм)	Фактическая величина перемещения от базовой точки y_i (мкм)
1		
2		
3		
...		
30		

По результатам табл. П1 необходимо определить:

y_i^{\min} – минимальное фактическое значение перемещения от базовой точки;

y_i^{\max} – максимальное фактическое значение перемещения от базовой точки.

Задавшись длиной частного интервала $\Delta y_i = 1$ мкм, определяют весь спектр значений y_i , лежащий между y_i^{\min} и y_i^{\max} , и соответствующую им частоту попадания K_i . Результаты подсчетов заносят в таблицу (табл. П2), где заполняют также столбцы значений, необходимых для построения гистограмм.

Исходные данные для построения гистограмм

№ пп	Частотный интервал длиной $\Delta y_i = 1$ мкм	Частота попада- ния K_i в интервал Δy	Плотность частоты $\rho_i^K(y) = K_i / \Delta y$	Относительная частота $W_i(y) = K_i / n$	Плотность относительной частоты $\rho_i^W(y) = W_i / \Delta y$
1	y_i^{\min}	...	...	...	...
2	$(y_i^{\min}) + 1$	...	...	...	...
3	$(y_i^{\min}) + 2$	...	...	...	...
...
k	y_i^{\min}	...	...	...	...

По результатам таблицы строятся гистограммы распределения частот $K_i(y)$, плотности частот $\rho_i^K(y)$, относительных частот $W_i(y)$ и плотности относительных частот $\rho_i^W(y)$.

На основании полученных значений параметра r , а также соответствующих гистограмм распределения значений позиционирования в заданных точках делают заключение о позиционной повторяемости вдоль координаты Y .

Экспериментальная установка

Для определения точности позиционирования и позиционной повторяемости перемещения вдоль координаты Y экспериментальные исследования проводятся на сборочном центре СБ-001, схема которого представлена на рис. П1. С помощью зубчатого индуктора линейного шагового привода производится съем данных о положении якоря внутри полюсного деления машины с помощью датчика положения – синусной линейки.

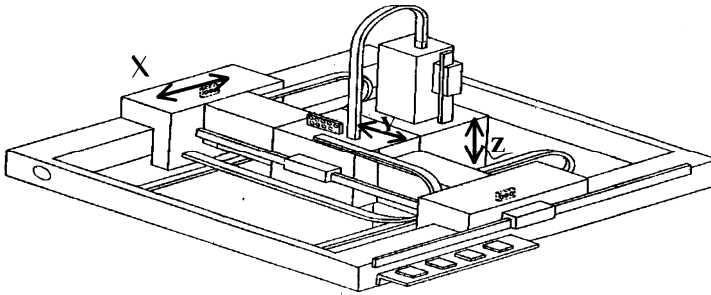


Рис. П1. Схема сборочного центра СБ-001

Линейные шаговые двигатели в сборочном центре выполнены на аэростатических опорах, поэтому трение в опорах практически не влияет на позиционирование привода. Схема блока управления сборочным центром СБ-001 представлена на рис. П2.

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ СБ-001

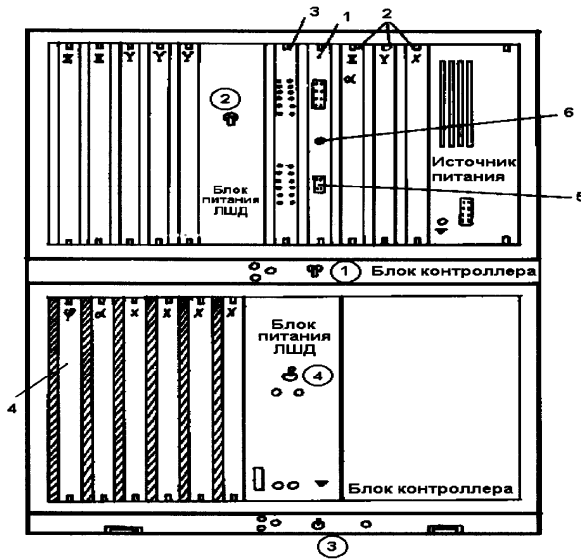


Рис. П2. Схема блока управления сборочным центром СБ-001:
 1 – ведущий контроллер и контроллер ϕ ; 2 – контроллеры ЛШД;
 3 – устройство ввода-вывода; 4 – усилитель мощности;
 5 – разъем подключения ЭВМ; 6 – сброс

На нижнем уровне управления линейным шаговым электроприводом реализуется принцип прямого цифрового управления одной координатой электропривода с помощью микропроцессорного контроллера. На среднем уровне управления осуществляется согласованное управление с помощью модуля центрального процессора, общей шины с магистральным параллельным интерфейсом и соответствующим оборудованием, подключенным к модулям ввода-вывода дискретных сигналов отдельных контроллеров координат.

На верхнем уровне управления осуществляется согласованное управление группами электроприводов и технологическим оборудованием, подключенным к группам контроллеров координат. В качестве управляющих устройств на этом уровне управления использована персональная ЭВМ, имеющая выход на стандартный последовательный интерфейс RS-232, для сопряжения с модулями центрального процессора, установленными в крейтах каркаса.

При позиционном управлении контроллер координаты обрабатывает задание на перемещение. В состав программного обеспечения контроллера координаты входит ряд рабочих программ, обеспечивающих управление двигателем по его математической модели с траекторией движения с трапецеидальным или треугольным графиком скорости и возможностью независимого задания ускорения на разгон и торможение привода.

Содержание работы

Работа предполагает выполнение следующих заданий:

1) провести экспериментальные измерения точности позиционирования координаты Y сборочного центра СБ-001 в трех точках соответственно на расстоянии 24731 мкм, 65676 мкм и 106213 мкм от базового положения с не менее чем 30 повторами выхода в каждую из заданных точек;

2) определить точность позиционирования и позиционную повторяемость шагового привода в заданных точках, построить гистограммы распределения частот, плотности частот, относительных частот и плотности относительных частот позиционирования вдоль координаты Y и сделать выводы на основе полученных значений о точностных характеристиках позиционирования вдоль координаты Y .

Методика выполнения работы

Для проведения экспериментальных измерений точности позиционирования привода координаты Y необходимо привести сборочный центр СБ-001 в рабочее состояние. Для этого необходимо:

1. Включить компрессор для создания аэростатических опор шагового электродвигателя (создать необходимое давление не менее 3 атм, осуществляя контроль уровня давления по манометру).

2. Включить монитор и блок питания ЭВМ.

3. Запустить программу WORK_1.exe из каталога LAB_WORK_1.

4. Подключить разъем 5 к контроллеру (см. рис. П2).

5. Последовательно перевести в верхнее положение (включить) тумблеры (1), (2), (3) и (4) (см. рис. П2, номера тумблеров обведены).

6. Два раза нажать кнопку 6 (Сброс).

7. В соответствии с инструкциями на экране монитора при запуске программы WORK_1.exe из каталога LAB_WORK_1 отработать не менее 30 раз заданные перемещения координаты Y сборочного центра СБ-001 (соответственно 24731 мкм, 65676 мкм и 106213 мкм).

8. По окончании работы выключить оборудование в обратной последовательности, соответственно пункты 5, 4, 3, 2 и 1.

9. Произвести расчеты точности позиционирования ΔL_Y и позиционной повторяемости r линейного шагового электропривода координаты Y .

10. Построить гистограммы распределения частот, плотности частот, относительных частот и плотности относительных частот позиционирования вдоль координаты Y .

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Результаты экспериментальных измерений.
4. Расчеты и результаты вычислений точности позиционирования ΔL_Y и позиционной повторяемости r линейного шагового электропривода координаты Y .

5. Гистограммы распределения частот, плотности частот, относительных частот и плотности относительных частот значений позиционирования вдоль координаты Y .

6. Выводы.

Варианты заданий

Провести экспериментальное исследование точности позиционирования вдоль координаты Y по 30 повторным выходам в заданную рабочую точку.

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Заданная величина перемещения от базовой точки, мкм	24720	65676	106213

С о д е р ж а н и е

В в е д е н и е.....	3
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ТЕРМИНЫ.....	5
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОБИРАЕМОМУ УЗЛУ И СБОРОЧНОМУ ЦЕНТРУ.....	5
2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	6
3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА СБ-001.....	9
4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА.....	10
5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СБОРОЧНОГО ЦЕНТРА.....	12
5.1. Устройство загрузочно-разгрузочное.....	12
5.2. Устройство подачи предметов сборки (УП).....	14
5.3. Преобразователь линейных перемещений (ПЛП).....	18
5.4. Тормоз.....	21
5.5. Механизм перемещений.....	22
5.6. Преобразователь круговых перемещений.....	24
5.7. Механизм поворота.....	25
5.8. Головка револьверная.....	28
5.9. Механизм захвата.....	29
5.10. Устройство сборки.....	31
5.11. Механизм фиксации.....	38
5.12. Механизм запрессовки.....	39
5.13. Опора верхняя.....	40
5.14. Опора нижняя.....	40
5.15. Блок подготовки воздуха.....	40
Л и т е р а т у р а.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	45

Учебное издание

ФИЛОНОВ Игорь Павлович
ЯКУБОВИЧ Олег Викторович
КУРЧ Леонид Викторович

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
С ПРЕЦИЗИОННЫМИ КООРДИНАТНЫМИ ПРИВОДАМИ

Учебное пособие

для студентов специальностей Т.03.01.00 «Технология,
оборудование и автоматизация машиностроения»
(дисциплина «Автоматизация производственных
процессов в машиностроении»),
1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств»,
специализации 1-36 01 01 01
«Технология механосборочных производств»,
1-36 01 04 «Оборудование и технологии
высокоэффективных процессов обработки материалов»,
1-53 01 06 «Промышленные роботы
и робототехнические комплексы»

Редактор Т.Н. Микулик. Корректор М.П. Антонова
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

Подписано в печать 23.11.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,1. Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 100. Заказ 45.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.