

УСТРОЙСТВО ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ КАРТЫ

А. Д. Климов, И. А. Егоров, Е. А. Никифоров, С. В. Никишов, Е. В. Пиголкина

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Представлено описание разработанного в РФЯЦ-ВНИИЭФ устройства записи (УЗ) информации на магнитные карты (МК). Рассмотрены возможные варианты построения УЗ. Дано обоснование выбора двух вариантов кинематической схемы УЗ с расчётами редукторов для перемещения МК и магнитной головки (МГ). Показаны проблемы, выявленные в процессе отработки схемы и конструкции УЗ и пути устранения недостатков.

Введение

Для обеспечения функционирования аппаратуры управления необходимо осуществлять оперативный и достоверный ввод относительно больших объёмов информации. В ряде ОКР в качестве специализированного носителя для ввода информации в аппаратуру управления принято решение использовать МК.

Высококоэрцитивные МК выдерживают внешние электромагнитные поля до 2700 эрстед и не могут быть размагничены случайным образом при воздействии возмущающих факторов природного происхождения. МК нечувствительны к электростатике и другим воздействиям электрического и неэлектрического происхождения, обладают определенными преимуществами по сравнению с другими типами носителей и устройствами хранения информации [1].

Для осуществления записи информации на МК в установленном формате было принято решение о разработке устройства записи УЗ с электромеханическим приводом.

Основное требование, предъявляемое к УЗ, заключается в обеспечении записи информации на МК

с равномерной плотностью, так же должны обеспечиваться следующие технические характеристики:

- 1) скорость перемещения МК или магнитной головки (МГ) – 100...150 мм/сек;
- 2) нестабильностью скорости перемещения – не выше 2 %;
- 3) достоверность записи информации на МК – не ниже 10^4 бит/сбой;
- 4) объём информации, записываемой на МК – не менее 250 бит;
- 5) плотность записи информации на МК – не менее 4 бит/мм;
- 6) время записи /считывания информации с МК – не более 2 с;
- 7) количество циклов записи/считывания информации с МК – не менее 2000.

Выбор конструкции УЗ

Для того чтобы обеспечить запись информации на МК с равномерной плотностью необходимо перемещать МК относительно МГ с постоянной скоростью, возможен также вариант перемещения МГ относительно неподвижной МК. На рис. 1 представлены варианты реализации записи информации на МК.



Рис. 1. Варианты конструкции УЗ

При протягивании МК вручную необходимо синхронизировать скорость движения МК с частотой генератора записи, т. е. преобразовать линейное перемещение МК в электрический сигнал. В данном случае можно предложить два варианта:

1) перемещение МК преобразовать в движение вращения, а вращение с помощью магнитного датчика или фото датчика в электрический сигнал;

2) на МК нанести метки в виде штрихового кода, по которым с помощью фотодатчика штрих-код преобразовать в сигнал с частотой, пропорциональной скорости движения МК для реализации обратной связи по управлению частотой записи информации для обеспечения постоянной плотности.

Для точного определения скорости МК необходимо преобразовать её линейное перемещение во вращение с коэффициентом передачи не менее 3,5 мм/об, что требует применения довольно громоздкого мультипликатора.

В устройствах зарубежного производства для определения скорости перемещения МК применяют синхродиск, реализованный в виде дискового ролика с магнитным покрытием, на который записана информация с высокой плотностью. Изготовить такой диск в условиях опытного производства ВНИИЭФ не представляется возможным. Кроме того, для записи (разметки) такого диска необходимо применять специализированную аппаратуру. Практически было опробовано устройство с преобразователем скорости МК зарубежного производства в электрический сигнал. Также для определения скорости МК возможно использование оптического датчика.

От применения устройства захвата для движения МК отказались по следующим причинам: устройство захвата технологически сложно в изготовлении; необходимо применение редуктора для управления захватом МК так же как и в приводе роликами.

Конструкция УЗ с двумя парами роликов в приводе МК представлена на рис. 2. На практике данная конструкция показала следующий недостаток: в момент, когда МК достигает второй пары роликов, происходит либо резкое замедление, либо ускорение движения МК, что приводит к сбою записи.

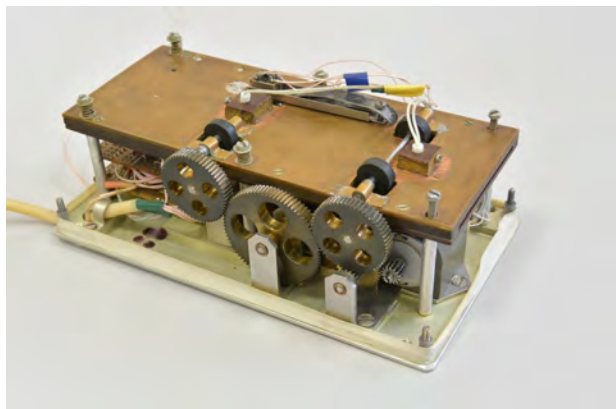


Рис. 2. УЗ с двумя парами роликов

От применения привода с гибкой связью (пасиком) отказались по причине проскальзывания пасика относительно шкивов при изменении силы сопротивления движения карты, что приводило к изменению скорости движения МК.

Окончательным вариантом конструкции для опытного образца УЗ был принят вариант с приводом МК одной парой резино-металлических роликов электрическим двигателем. Кинематическая схема УЗ представлена на рис. 3. Конструкция УЗ со снятой крышкой представлена на рис. 4.

На конструкцию УЗ разработана конструкторская документация (КД). УЗ прошло предварительные испытания, КД присвоена литера «О». В рамках

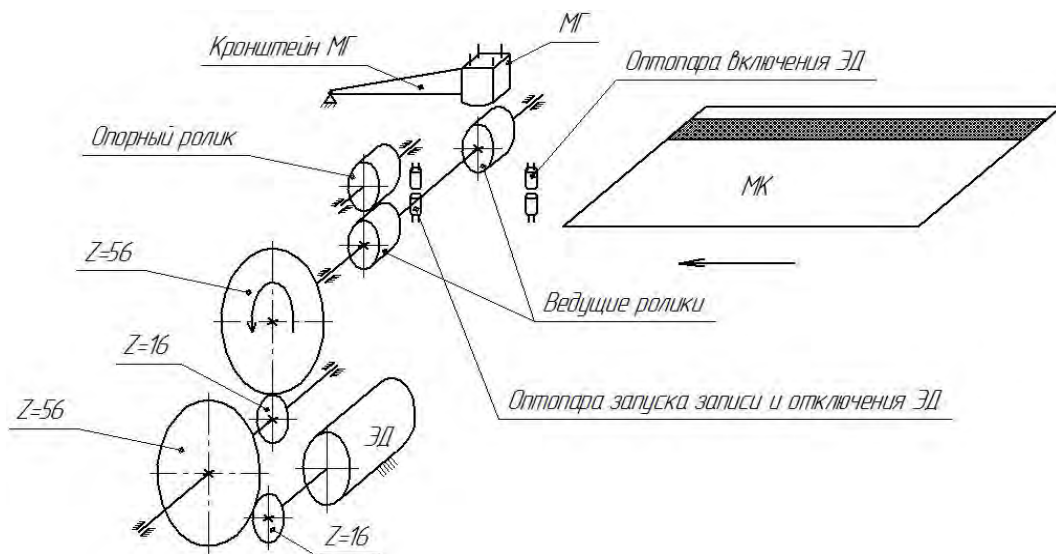


Рис. 3. Кинематическая схема УЗ

одной из тем в составе специального пульта УЗ прошло государственные испытания.

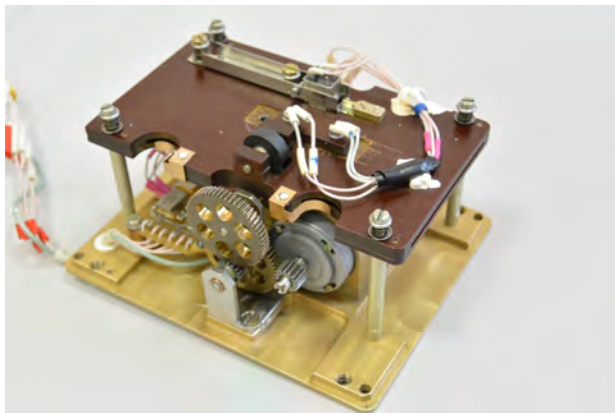


Рис. 4. Конструкция УЗ

Описание принципа действия УЗ

Схема электрическая функциональная УЗ показана на рис. 5.

Магнитная карта вводится в картоприёмник ручным способом. При перекрытии (затемнении) датчика включения двигателя (ДВД), выполненного на оптопаре VD1-VT1, вырабатывается сигнал ВД, который поступает на схему управления электродвигателем (СУД). Сигнал управления с выхода СУД

включает реле Р, контакты которого коммутируют напряжение +27 В, поступающее на электродвигатель. Электродвигатель запускается и начинает вращаться с постоянной скоростью. Крутящий момент усиливается через понижающий редуктор и передаётся на ведущие ролики. До входа в зацепление с ведущими роликами продолжается перемещение МК в картоприёмнике ручным способом. Поскольку точки контакта ведущих роликов с МК и зазор МГ размещены на одной горизонтальной оси, то одновременно с захватом МК ведущими роликами происходит контакт её магнитного слоя с рабочей поверхностью (зазором) МГ. После захвата МК обеспечивается её дальнейшее перемещение относительно МГ с помощью электромеханического привода, который обеспечивает равномерную скорость движения МК, а, соответственно, и постоянную плотность записи информации. При перекрытии (затемнении) оптопары VD2-VT2, расположенной от зазора МГ на расстоянии около 5 мм, вырабатывается сигнал НК, который передаётся во внешнюю цепь на контроллер УЗМК. По положительному уровню НК контроллер УЗ вырабатывает сигналы записи (СЗ) и разрешения записи (РЗЗ), поступающие в УЗМК на входы формирователя сигналов записи (ФСЗ). На выходе ФСЗ, при наличии высокого уровня РЗЗ, вырабатываются импульсы записи, которые поступают на усилитель записи (УЗ). По положительным перепадам импуль-

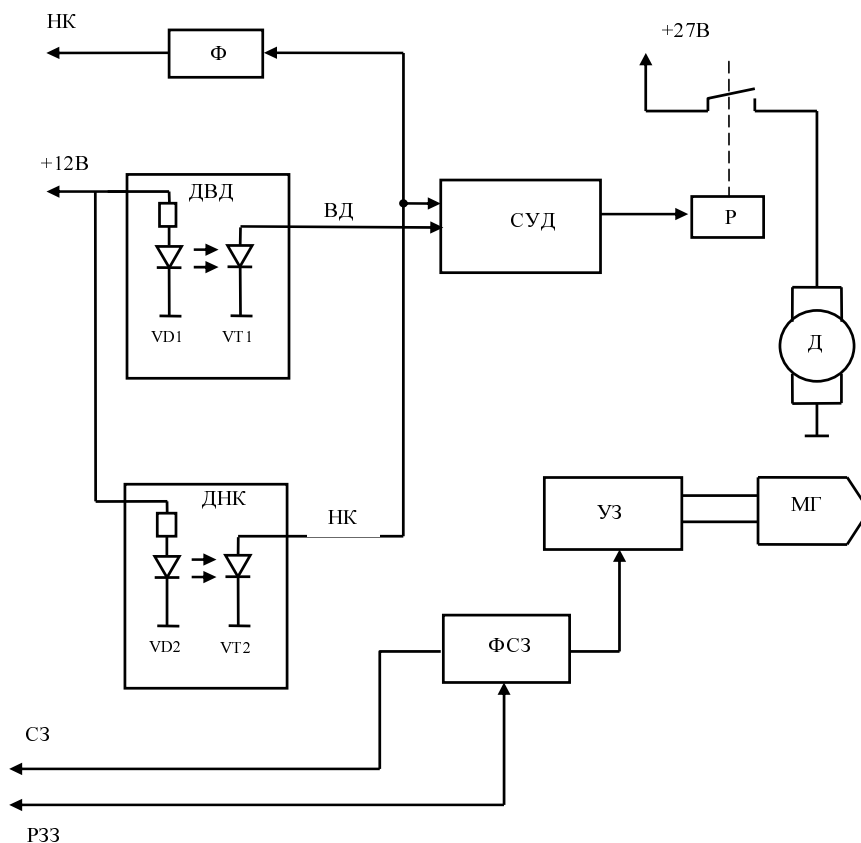


Рис. 5. Схема электрическая функциональная УЗ

сов записи осуществляется формирование тока в обмотках МГ и происходит перемагничивание МК.

Отключение двигателя производится по сбросу сигнала наличия карты НК после того, как МК полностью выдвинется из области перекрытия оптопары VD2-VT2. Извлечение МК из картоприёмника осуществляется вручную.

Описание конструкции УЗ

Несущим элементом УЗ является основание, на которое устанавливаются электронный блок и редуктор, и закрываются кожухом, в котором имеется паз специальной формы, предназначенный для помещения МК в картоприёмник. На верхней стороне кожуха выполнена гравировкой стрелка, показывающая направление движения МК при записи, и изображение МК, показывающее её положение при вводе в картоприёмник.

Для предотвращения несанкционированного доступа паз закрывается крышкой. Крышка крепится двумя невыпадающими винтами и пломбируется. В основании выполнено отверстие, через которое проходит жгут для электрического соединения УЗ с пультовой аппаратурой.

МК перемещается по картоприёмнику с помощью двух вращающихся ведущих роликов. Сверху над одним из ведущих роликов установлен прижимной ролик, который жёстко закреплён на картоприёмнике. Напротив другого ведущего ролика закреплена МГ. Запись информации осуществляется при вводе МК в область контакта с МГ по сигналу от оптопары, установленной на картоприёмнике.

Картоприёмник установлен на стойках с прижимными пружинами, которые позволяют ему перемещаться в небольших пределах в вертикальной плоскости относительно основания с двигателем и редуктором. Это даёт возможность увеличивать зазор между ведущими и прижимными роликами при входе МК в «зацепление» с ними и, тем самым, уменьшать нагрузку на оси двигателя. МГ закреплена на кронштейне. Кронштейн МГ установлен на картоприёмнике с помощью двух винтов через пружины, что позволяет перемещаться МГ в вертикальной плоскости и обрабатывать перекосы, возникающие по поверхности МК.

Движение МК относительно МГ в УЗ обеспечивается электродвигателем постоянного тока ДПМ-30-Н1-02 с номинальной частотой вращения $\omega_{ном} = 2600$ об/мин. Вследствие высокой частоты вращения вала двигателя и для усиления крутящего момента, применяется понижающий редуктор с коэффициентом передачи 12,25. При диаметре ведущих роликов 14,2 мм скорость движения МК равна 157 мм/с.

УЗ с перемещением МГ

Кинематическая схема УЗ представлена на рис. 6. В качестве редуктора для перемещения МГ

вдоль неподвижной МК выбрана передача винт-гайка с трапецеидальной резьбой. При шаге винта 3 мм и частоте вращения вала двигателя 2600 об/мин скорость движения МГ равна 130 м/с. Для определения возможности применения двигателя ДПМ-30-Н1-02 для привода передачи винт-гайка необходимо рассчитать требуемый момент на винте, $H \times м$ [2]:

$$M = \frac{1}{2} F_r d_2 \operatorname{tg}(\psi + \rho), \quad (1)$$

где F_r – осевая сила на гайке, Н; d_2 – средний диаметр резьбы винта, м; ψ – угол подъёма резьбы, рад; ρ – угол трения, рад.

При среднем диаметре винта 9,5 мм и шаге резьбы 3 мм получаем $\psi = 0,1$ рад. При угле профиля резьбы 30° и коэффициенте трения между гайкой и винтом 0,15 угол трения будет равным 0,154 рад. Принимая с запасом $F_r = 1$ Н, получаем $M = 1,234 \times 10^{-3} H \times м$, что значительно меньше номинального момента двигателя $M_{ном} = 9,8 \times 10^{-3} H \times м$.

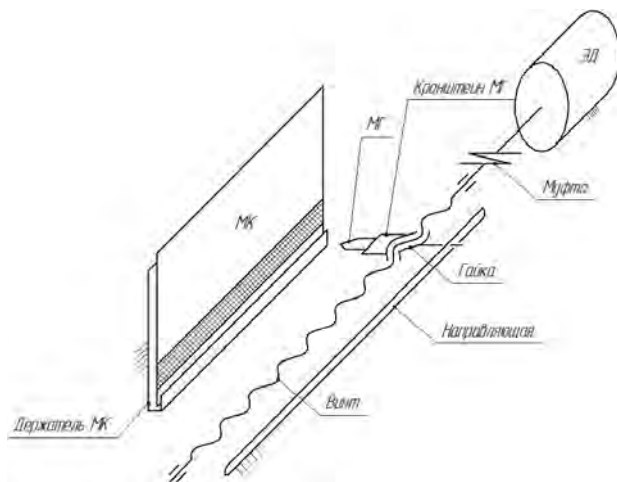


Рис. 6. Кинематическая схема УЗ с перемещением МГ

Длина винта определяется длиной МК и расстоянием, необходимым для достижения МГ скорости 130 м/с. Для определения длины винта необходимо знать время разгона ЭД $t_{\text{р}}$, с до номинальной частоты вращения. Изменение частоты вращения ЭД ω , рад/с в течении времени t , с описывается выражением [3]:

$$\omega = \omega_{ном} \left(1 - e^{-t/T_{эм}}\right), \quad (2)$$

где $T_{эм}$ – электромеханическая постоянная, с.

$$T_{эм} = J_{пр} \omega_{ном} / (M_{п} - M_{ном}), \quad (3)$$

где $J_{пр}$ – приведённый к валу двигателя момент инерции привода, $кг \times м^2$; $M_{п}$ – пусковой момент ЭД, $H \times м$; $M_{ном}$ – номинальный момент ЭД, $H \times м$.

Приведённый момент инерции:

$$J_{пр} = J_p + \frac{m_B r_B^2}{2} + \frac{m_M r_M^2}{2} + \frac{m_{Г} r_{Г}^2}{\omega_B^2}, \quad (4)$$

где J_p – момент инерции ротора ЭД, $\text{кг}\times\text{м}^2$; m_b, m_m, m_r – массы винта, муфты и гайки, кг ; r_b, r_m – радиусы винта и муфты, м ; v_r – скорость гайки, м/с ; ω_b – угловая скорость винта, рад/с .

Результат расчёта с помощью Mathcad по формулам 1–3 представлен на рис. 7.

На практике принято считать, что время переходного процесса $t_{п} = 3 T_{эм}$, то есть $t_{п} = 0,357 \text{ с}$.

Зависимость перемещения гайки от времени, мм :

$$L = \int_0^t \omega \times P dt, \quad (5)$$

где P – шаг резьбы винта, мм ; ω – частота вращения ЭД, об/мин .

Таким образом, длина винта будет определяться длиной гайки 10 мм , расстоянием, необходимым для «разбега» гайки 32 мм (определённому по графику представленному на рис. 8), и длиной МК 86 мм . Видно, что значительно увеличивается один из габаритных размеров УЗ с подвижной МГ. С двигателем, установленным соосно с винтом, УЗ имеет размеры $286 \times 78 \times 112 \text{ мм}$ против $143 \times 78 \times 100 \text{ мм}$ УЗ с одной парой роликов.

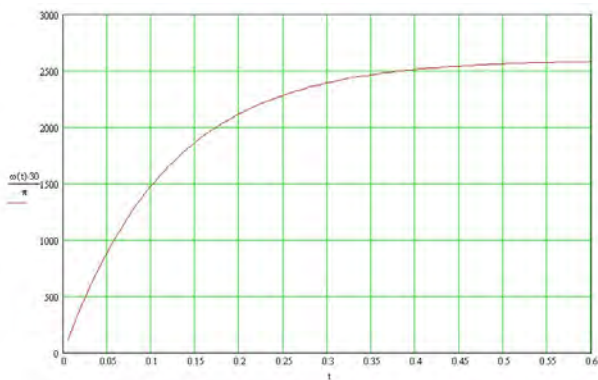


Рис. 7. График нарастания скорости вращения ЭД во времени



Рис. 8. График нарастания скорости вращения ЭД во времени

Проблемы, выявленные в процессе отработки УЗ

Два важных требования, которые необходимо было выполнить при разработке конструкции УЗ – это обеспечение высокой плотности записи информации на МК и стабильную постоянную скорость движения МК. Нестабильность и увеличение зазора между МГ и магнитной лентой МК приводит к уменьшению плотности записи информации [4]. Для обеспечения высокой плотности информации конструкция элементов крепления МГ должна обеспечивать плотное прилегание МГ к поверхности МК при её движении. Варианты конструкции кронштейна МГ, разработанные в процессе отработки конструкции УЗ, представлены на рис. 9. Нижний вариант конструкции кронштейна обеспечивает наиболее оптимальное прилегание МГ к МК.



Рис. 9. Варианты кронштейна МГ

В процессе отработки опытного образца УЗ был выявлен следующий недостаток – колебания скорости движения МК и, соответственно, нестабильность плотности записи информации. На рис. 10 представлена сигнаграмма, снятая на одном из опытных образцов УЗ. На сигнаграмме показана последовательность однородных сигналов (единиц), записанных на МК. Можно наблюдать, что плотность записи сигналов в пределах прохода одного зуба шестерни, связанной с роликами, редуктора сначала увеличивается, потом уменьшается. Поскольку частота записи постоянная, то очевидно, что происходит изменение скорости перемещения МК в широких пределах до $\pm 50 \%$.

Возможные причины изменения скорости:

- зазоры в зубчатом зацеплении и радиальное биение ЗК;
- кинематическая погрешность зубчатого механизма;
- малый крутящий момент двигателя ДПМ-30-Н1-02;
- нестабильность частоты вращения двигателя $\pm 260 \text{ об/мин}$.

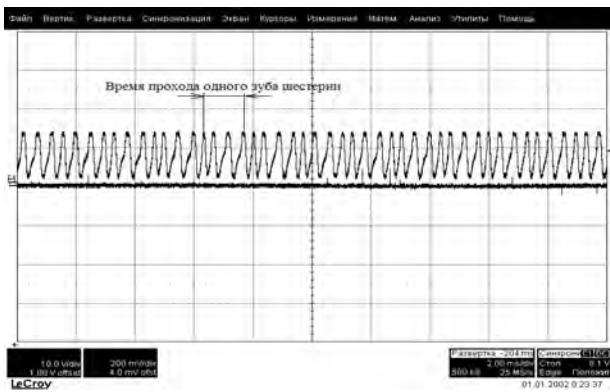


Рис. 10. Сигналограмма информации, записанной на МК

Зазоры в зубчатом зацеплении и радиальное биение ЗК были вызваны недостатками изготовления. В настоящее время ЗК изготавливаются электроэрозионным методом, увеличена точность изготовления кронштейна редуктора и введено требование в КД об обкатке редуктора со смазкой в течении двадцати минут. От применения безлюфтовых ЗК отказались по причине их низкого к.п.д. и сложности изготовления [5].

Кинематическая погрешность может быть уменьшена использованием более мелкого модуля, например 0,2 мм [6], и разбивкой коэффициента передачи с наибольшей редукцией на вторую ступень редуктора [3]. Также для повышения крутящего момента на ведущих роликах было принято решение об увеличении коэффициента передачи редуктора до 18,37. При таком замедлении скорость движения МК будет 105 м/с. Изменена ширина зубчатых колёс с 5 до 2 мм, что уменьшило влияние упругих деформаций и смещений, износ подшипников и погрешностей изготовления на равномерность вращения [7]. Изменена ширина ведущих роликов с 5 мм до 7 мм. Ведутся работы по модернизации электрической схемы и конструкции УЗ в части замены двигателя ДПМ на шаговый двигатель с более высоким крутящим моментом.

Сигналограмма информации, полученная с устройства считывания МК, записанной на УЗ с применением модернизированного редуктора, представлена на рис. 11. Видно, что скорость записи стала постоянна.

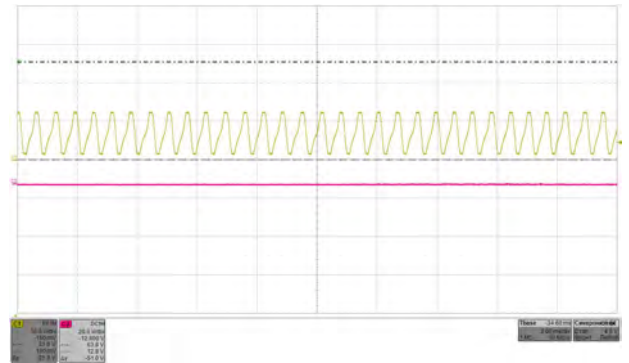


Рис. 11. Сигналограмма информации, записанной на МК

Литература

1. Подгорная Е. А. Современные методы магнитной записи сигналов. СПб.: изд. СПбГУКиТ, 2010.
2. Милосердин Ю. В. и др. Расчёт и конструирование механизмов приборов и установок. М.: Машиностроение, 1985.
3. Элементы приборных устройств. В 2-х ч. Ч. 2. Приводы, преобразователи, исполнительные устройства / Под ред. О. Ф. Тищенко. М.: Высш. школа, 1982.
4. Гитлиц М. В. Магнитная запись сигналов. М.: Радио и связь, 1990.
5. Рошин. Г. И. Конструирование механизмов радиоэлектронной аппаратуры. М.: Высш. школа, 1973.
6. ГОСТ 9178-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелко модульные. Допуски.
7. Решетов Д. Н. Детали машин. М.: Машиностроение, 1989.