



Предмет: «Электрические машины»
Тема: «Принцип действия генератора и двигателя»
Профессия: «Машинист электровоза»
Ярославское подразделение Северного УЦПК

Цель



Изучить принцип действия генератора и двигателя машин постоянного тока. Назначение коллектора в генераторе и двигателе.

План занятия

1. Принцип действия двигателя постоянного тока.
2. Принцип действия генератора постоянного тока.
3. Обратимость электрических машин постоянного тока.
4. Назначение коллектора.

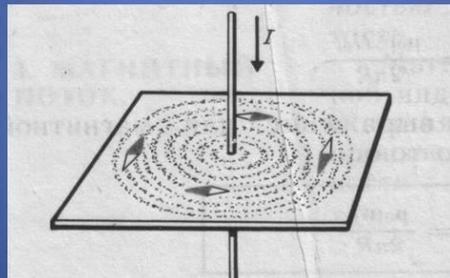
Принцип действия машин постоянного тока

Принцип действия любой электрической машины основан на использовании явлений электромагнитной индукции и возникновения электромагнитных сил при взаимодействии проводников с током и магнитного поля. Эти явления имеют место при работе как генератора, так и электродвигателя. Поэтому часто говорят о *генераторном* и *двигательном* режимах работы электрических машин.

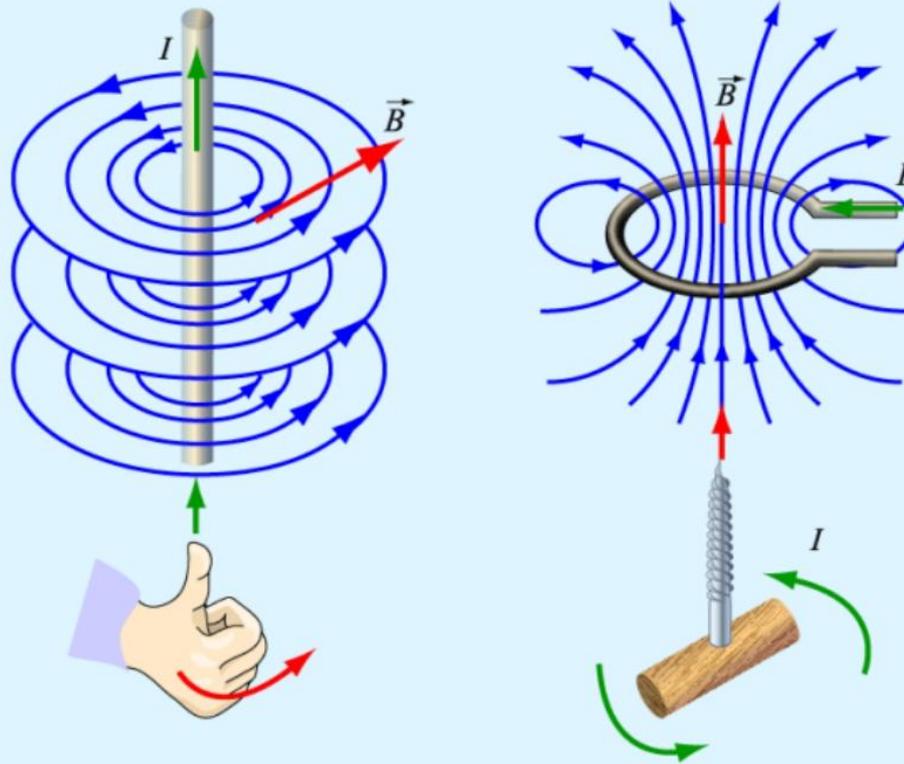
Принцип действия двигателя постоянного тока

Принцип действия электродвигателя основан на взаимодействии магнитного поля и проводника с током. При прохождении тока по прямолинейному проводнику вокруг него возникает магнитное поле. Магнитные силовые линии этого поля располагаются по концентрическим окружностям, в центре которых находится проводник с током.

Магнитные линии прямолинейного проводника с током.



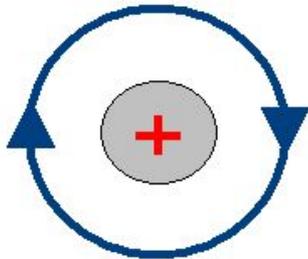
Принцип действия двигателя постоянного тока



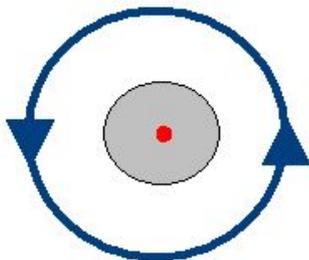
Направление магнитных силовых линий можно определить по *правилу буравчика*:
Если поступательное движение буравчика совместить с направлением тока в проводнике, то вращение его рукоятки укажет направление силовых линий магнитного поля вокруг проводника.

Принцип действия двигателя постоянного тока

Магнитное поле проводника с током

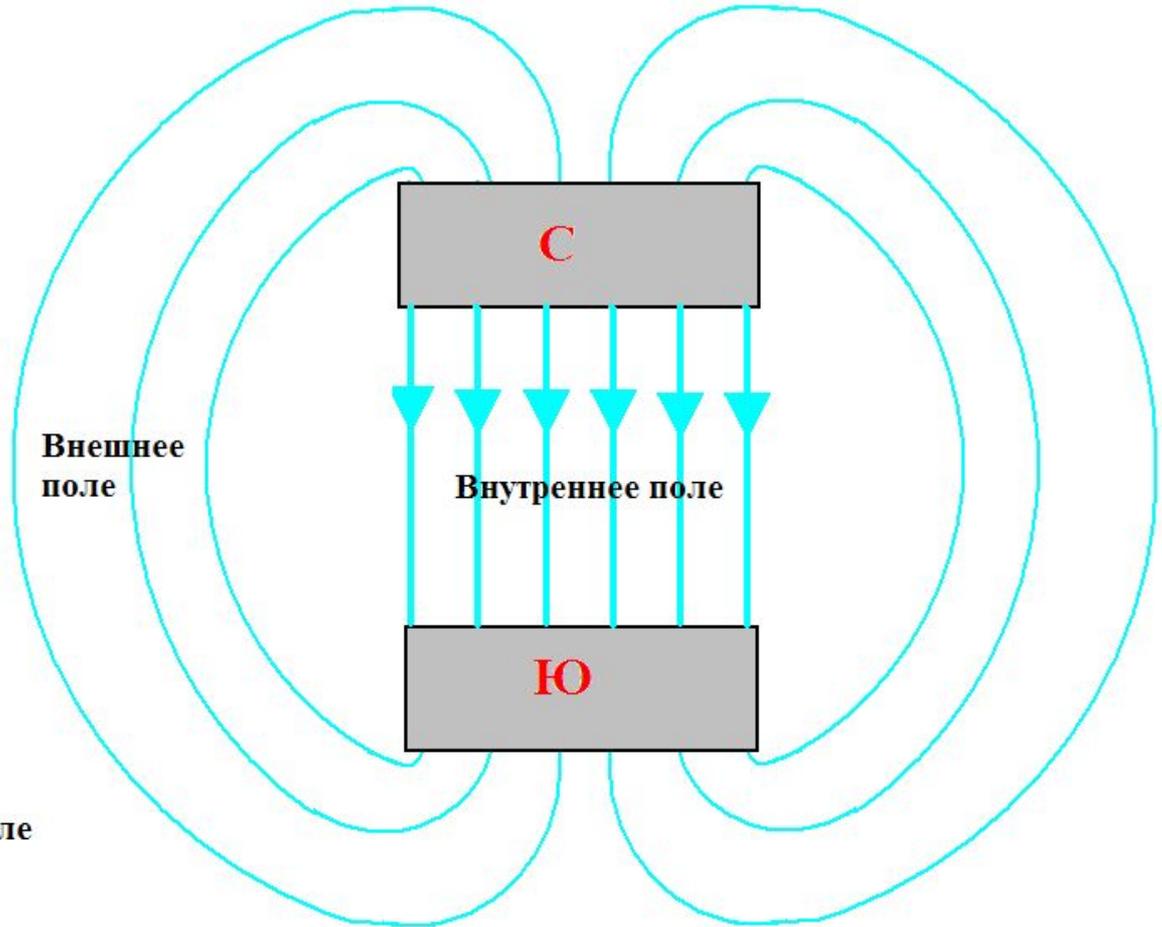


Направление тока "От нас", поле направлено по часовой стрелке



Направление тока "К нам" поле направлено против часовой стрелки

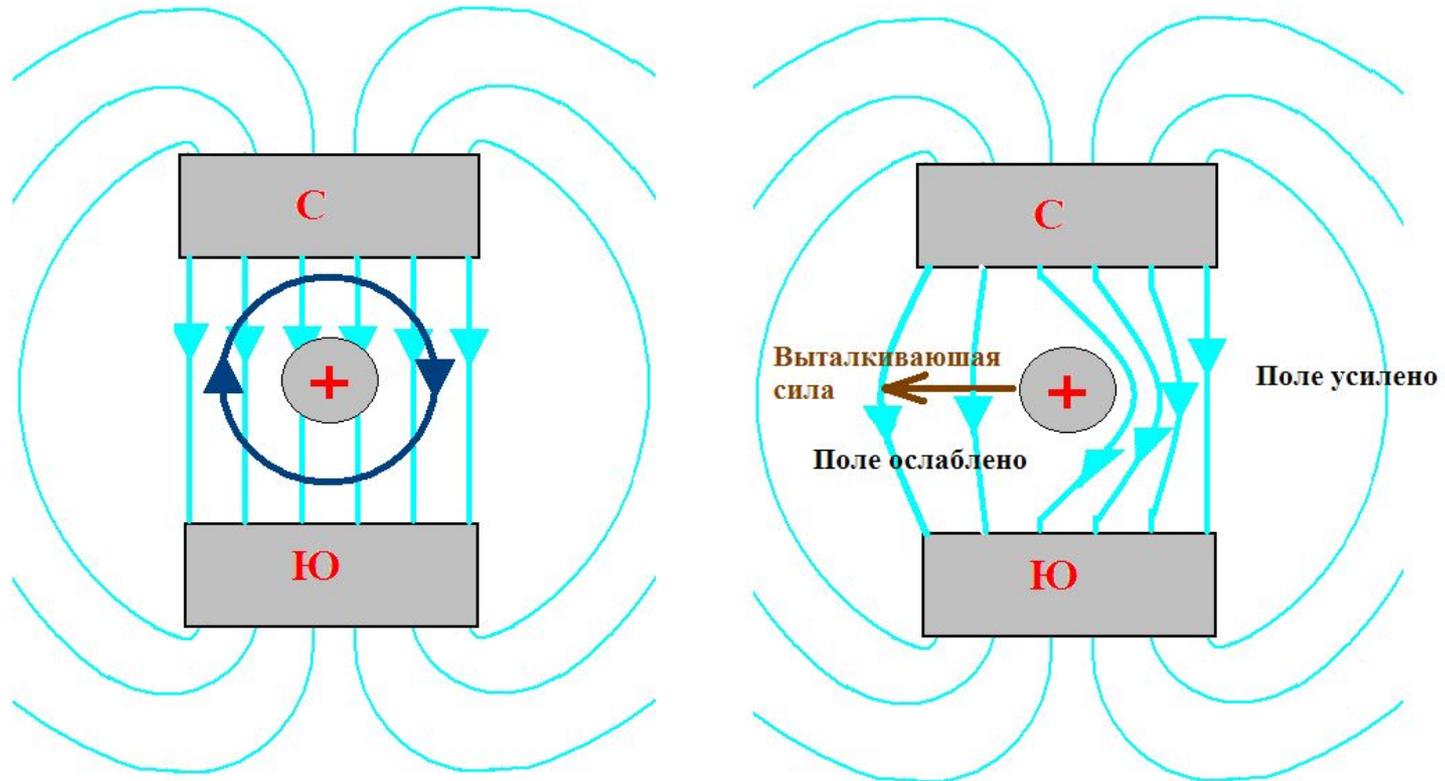
Магнитное поле двух разноименных полюсов



Принцип действия двигателя постоянного тока

Если проводник с током поместить в магнитное поле на него начнет действовать выталкивающая сила (электромагнитная сила).

Механизм образования выталкивающей силы



Принцип действия двигателя постоянного тока

Электромагнитная сила определяется законом Ампера. Он формулируется следующим образом:

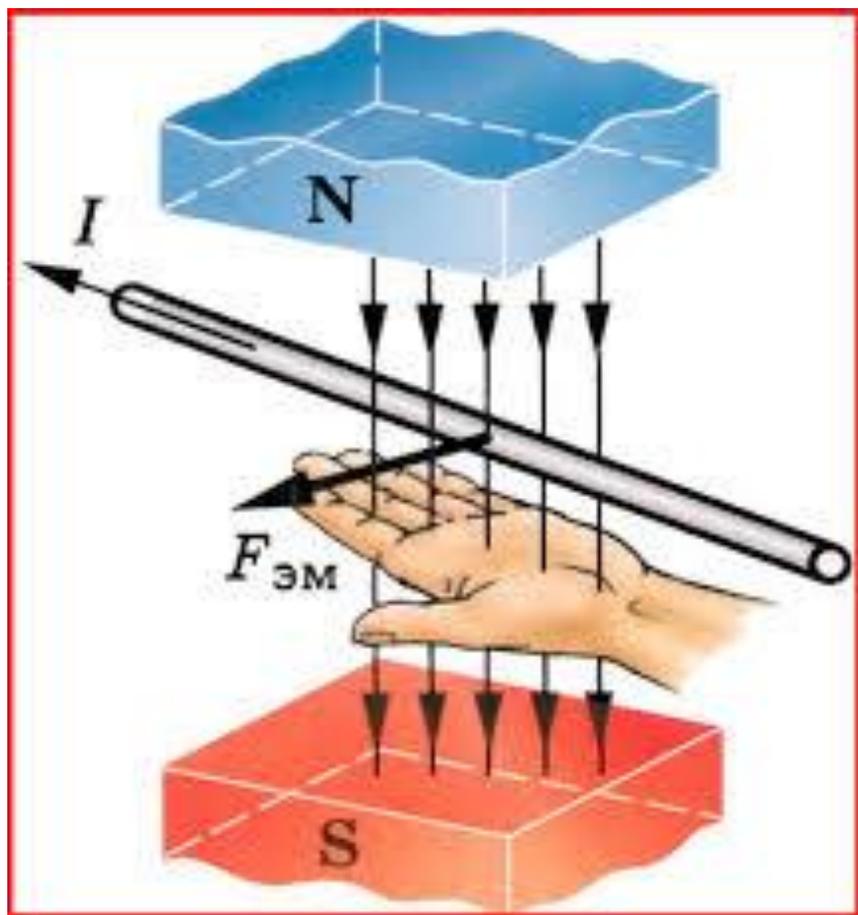
Электромагнитная сила, действующая на проводник с током, находящийся в магнитном поле и расположенный перпендикулярно направлению поля, равна произведению силы тока I , индукции магнитного поля B и длины проводника l :

$$F = I \cdot B \cdot l$$

Если проводник расположен под углом α к силовым магнитным линиям, то

$$F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$$

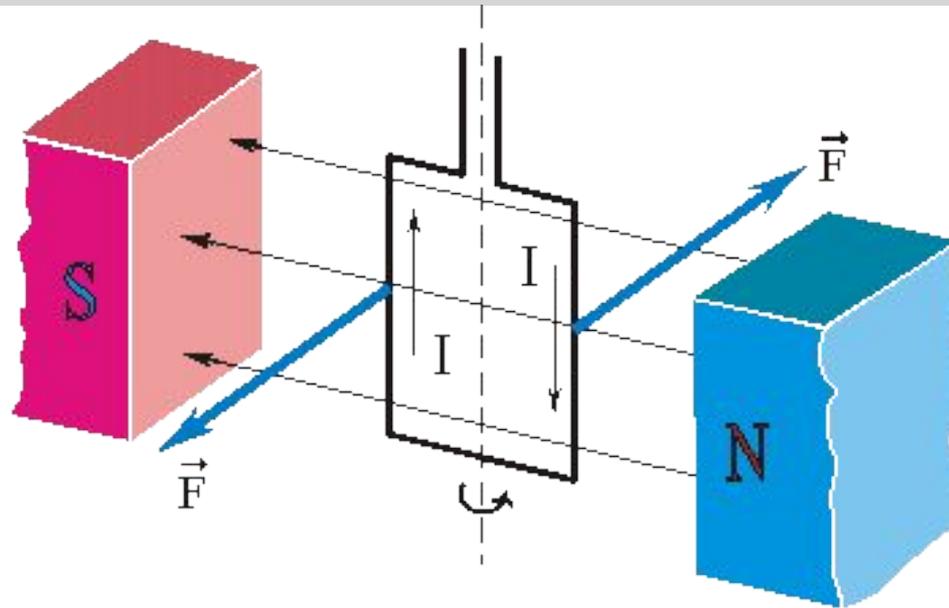
Принцип действия двигателя постоянного тока



Направление действия силы F определяют по *правилу левой руки*:

ладонь левой руки нужно расположить так, чтобы магнитные линии входили в нее и четыре вытянутых пальца совместить с направлением тока, тогда расположенный под прямым углом большой палец укажет направление действия электромагнитной силы.

Принцип действия двигателя постоянного тока



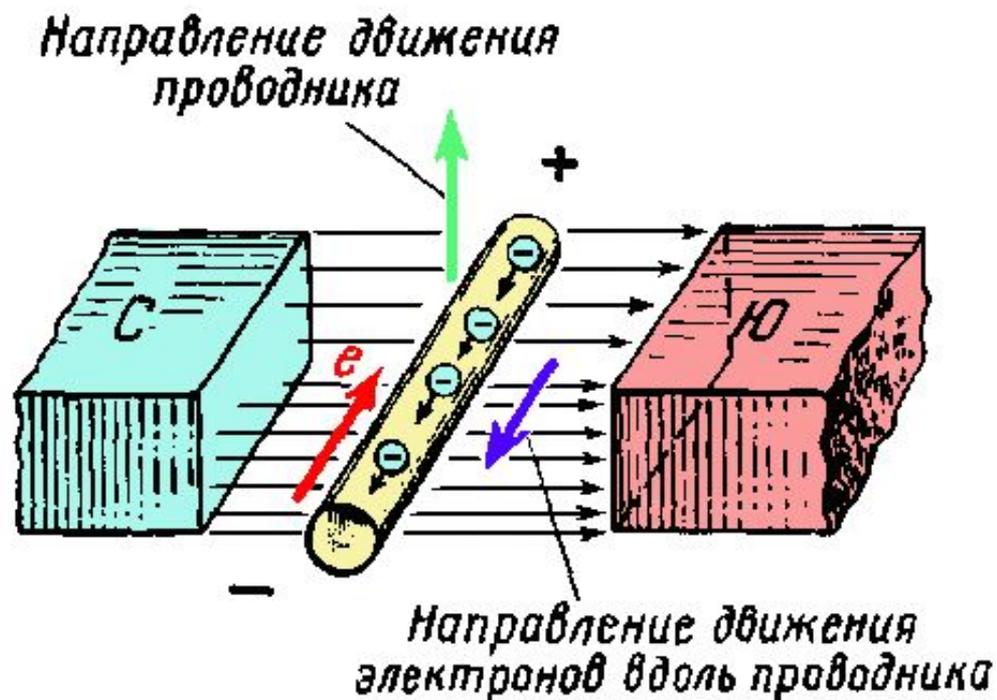
В результате действия этих двух сил возникает *электромагнитный вращающий момент* M , который вызовет поворот витка, в данном случае по часовой стрелке.

$$M = F \cdot D$$

где D — расстояние между сторонами витка.

Принцип действия двигателя постоянного тока

При пересечении проводником силовых линий магнитного поля в нем возникает или, как говорят, индуцируется ЭДС. Это явление называется *электромагнитной индукцией*.



Разность потенциалов на концах проводника численно равна индуцированной в проводнике ЭДС.

Принцип действия двигателя постоянного тока

Значение индуцированной ЭДС определяется законом электромагнитной индукции Фарадея. Он формулируется следующим образом. *Индуцированная ЭДС e прямо пропорциональна индукции магнитного поля B , длине проводника l и скорости его перемещения v в направлении, перпендикулярном силовым линиям поля*

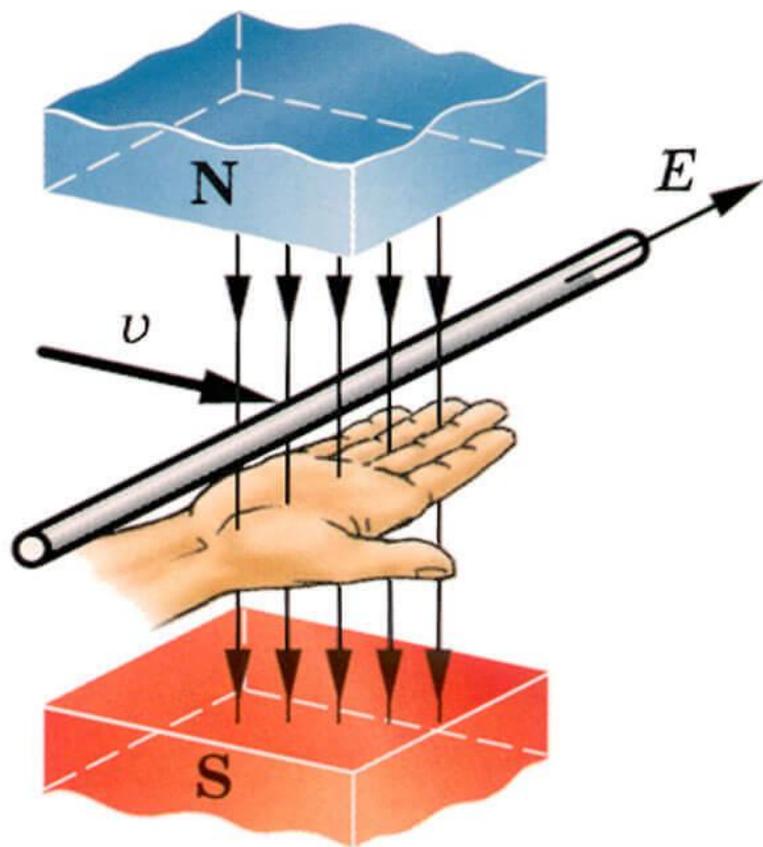
$$e = B \cdot l \cdot v$$

Если проводник движется под углом α к направлению поля, то

$$e = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha$$

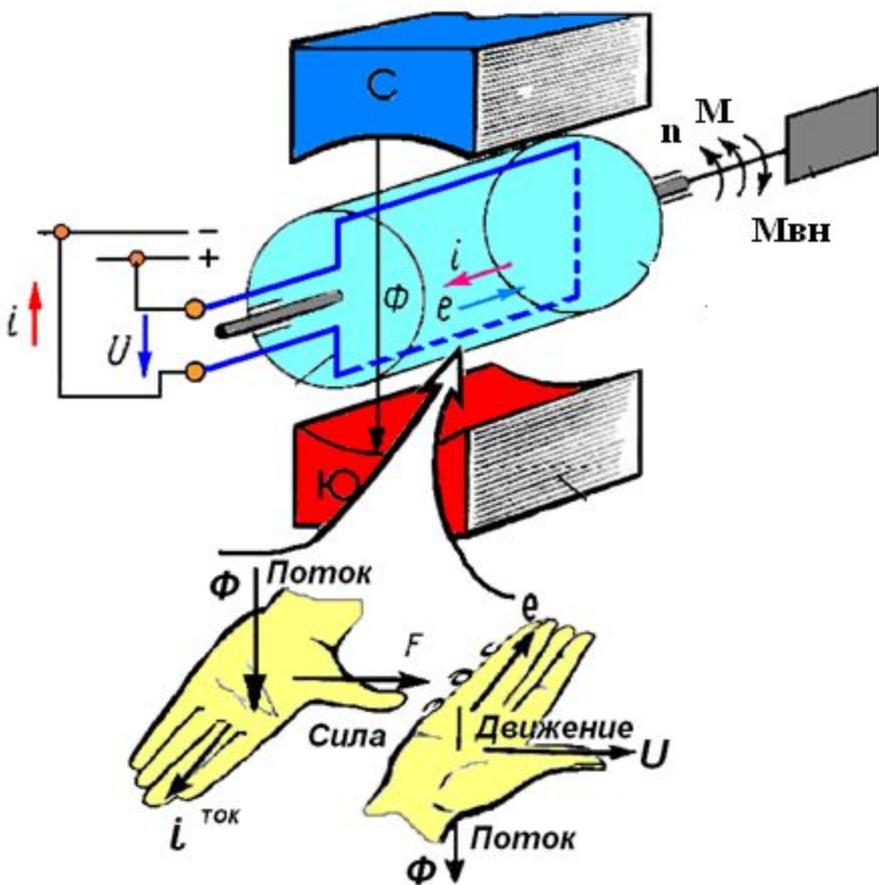
Принцип действия двигателя постоянного тока

Направление индуцированной ЭДС определяют правилом правой руки.



Если ладонь правой руки держать так, чтобы в нее входили магнитные силовые линии поля, а отогнутый большой палец совместить с направлением движения проводника (т. е. направлением его скорости v), то вытянутые четыре пальца укажут направление индуцированной ЭДС

Принцип действия двигателя постоянного тока



Если подключить виток к какому-нибудь источнику электрической энергии, то по каждому проводнику начнет проходить электрический ток i . Этот ток, взаимодействуя с магнитным полем полюсов, создает электромагнитные силы F . В результате совместного действия этих сил создается электромагнитный вращающий момент M , приводящий якорь во вращение с некоторой частотой ω . Если к валу якоря подсоединить с какое-либо устройство, то электродвигатель будет отдавать механическую энергию. При этом внешний момент $M_{вн}$, создаваемый этим устройством, будет направлен против электромагнитного момента M .

Принцип действия двигателя постоянного тока

Почему при вращении якоря электродвигателя, работающего под нагрузкой, расходуется электрическая энергия?

При вращении проводников якоря в магнитном поле в каждом проводнике индуцируется ЭДС, и она направлена против тока. Т.е. ЭДС препятствует прохождению тока по проводнику, **поэтому она называется противо ЭДС**. Чтобы электродвигатель продолжал нормально работать и развивать требуемый вращающий момент, необходимо приложить к проводникам внешнее напряжение, направленное навстречу ЭДС и большее по величине, чем суммарное ЭДС E , индуцированная во всех последовательно соединенных проводниках обмотки якоря. Следовательно, необходимо подводить к электродвигателю электрическую энергию.

Принцип действия двигателя постоянного тока

На величину противо ЭДС влияют два фактора:

- С увеличением частоты вращения якоря противо ЭДС увеличивается.
- При уменьшении магнитного поля главных полюсов, что достигается включением резистора ослабления поля, противо ЭДС уменьшается.

Принцип действия двигателя постоянного тока

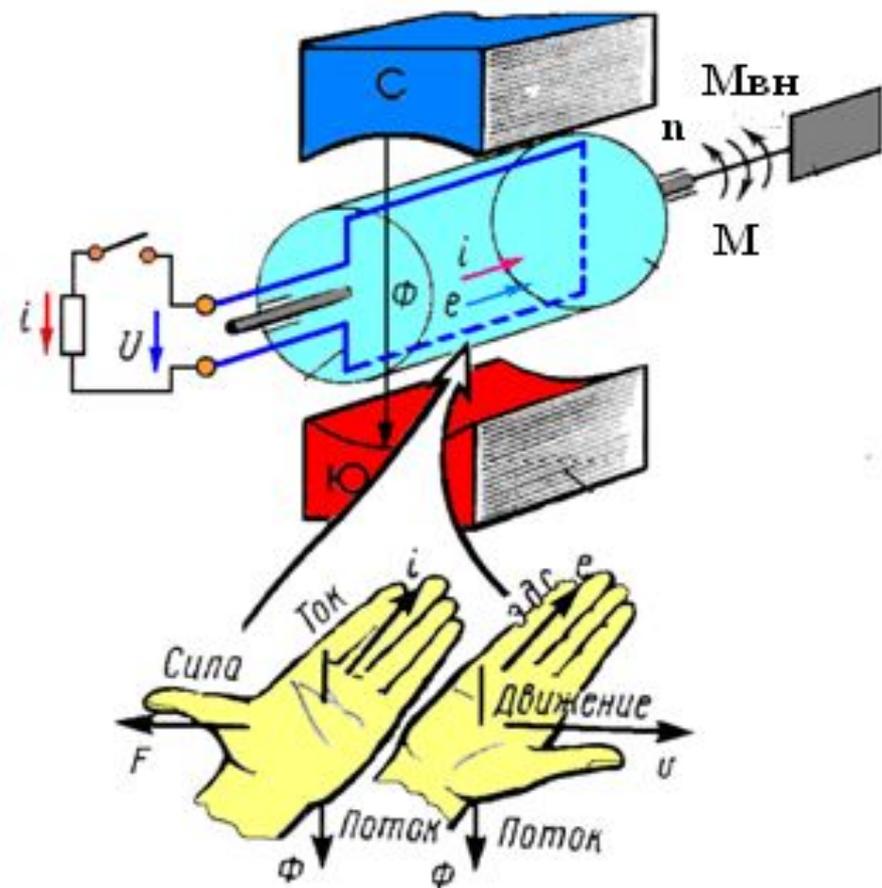
Вывод: характерным для двигателя является

1.совпадение по направлению электромагнитного момента M и частоты вращения n , что характеризует отдачу машиной механической энергии;

2.возникновение в проводниках обмотки якоря ЭДС, направленной против тока и внешнего напряжения U . Это указывает на необходимость получения машиной извне электрической энергии.

Принцип действия генератора постоянного тока

При вращении витка с частотой вращения n его стороны пересекают магнитные силовые линии потока Φ и в каждом проводнике витка индуцируется ЭДС e . Если подключить к обмотке якоря (витку) приемник электрической энергии, то по замкнутой цепи пойдет электрический ток i . В проводниках обмотки якоря ток будет направлен также как и ЭДС.



Принцип действия генератора постоянного тока

Но, почему однажды раскрутив якоря нам приходится постоянно поддерживать вращение?

При прохождении тока i по проводникам (расположенных в магнитном поле) на каждый проводник действует электромагнитная сила F . Эти силы создадут совместно магнитный момент M , направленный в сторону, противоположную вращению проводника, т.е. он будет являться тормозным моментом и будет стремиться замедлить вращение якоря. Поэтому, чтобы предотвратить остановку якоря, требуется к валу якоря приложить внешний вращающий момент $M_{вн}$ противоположный моменту M и по величине с учетом трения чуть больше.

Принцип действия генератора постоянного тока

Вывод: характерным для генератора является

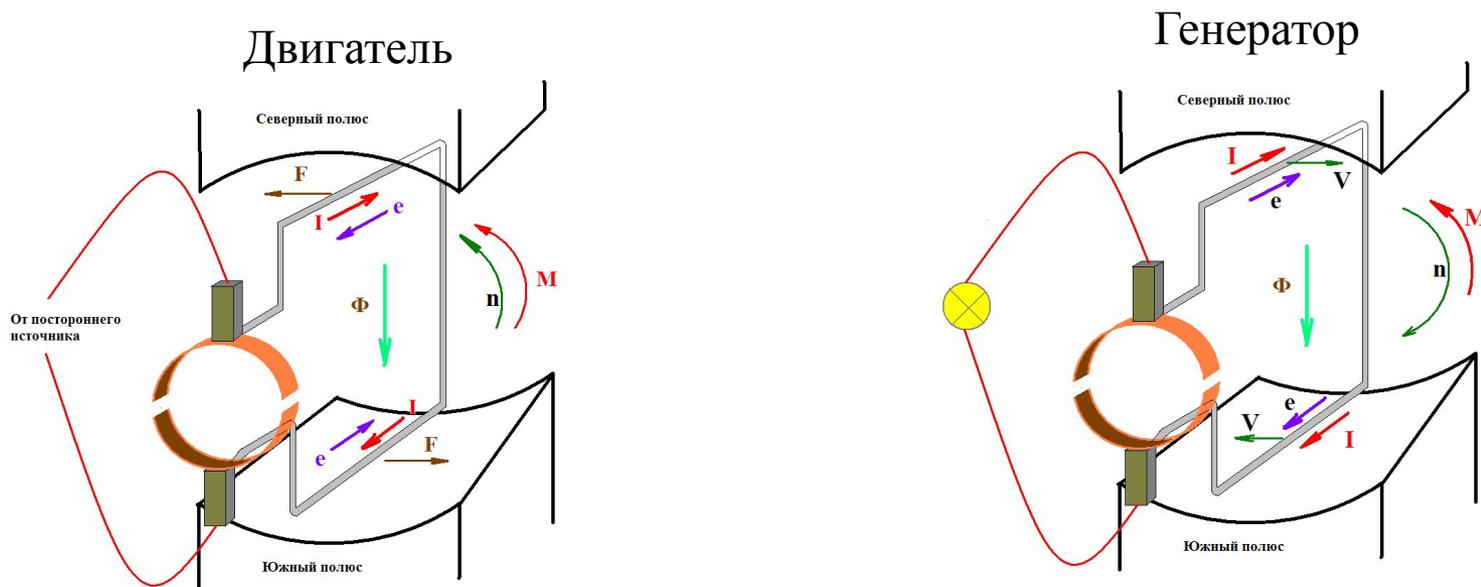
1.совпадение по направлению тока и ЭДС в проводниках обмотки якоря. Это указывает на то, что машина отдает электрическую энергию;

2.возникновение электромагнитного тормозного момента , направленного против вращения якоря. Это указывает на необходимость получения машиной извне механической энергии.

Обратимость электрических машин постоянного тока

Генератор и двигатель устроены одинаково. Работа обоих связана с возникновением ЭДС в проводниках, вращающихся в магнитном поле, и возникновением электромагнитных сил в результате взаимодействия магнитного поля и проводников с током.

Обратимость электрических машин постоянного тока



Электрическую энергию превращает в механическую.	Механическую энергию превращает в электрическую.
Совпадают по направлению вращающий момент и направление вращения	Вращающий момент направлен в сторону противоположную направлению вращения
ЭДС индуцируемая в обмотке якоря направлена против тока и приложенного напряжения	Ток и ЭДС совпадают по направлению

Обратимость электрических машин постоянного тока

Двигатель		Генератор	
<p>Вращающий момент вырабатываемый двигателем</p>	$M_{вр} = C_m * \Phi * I_n$	<p>Электромагнитный момент сопротивления вращения</p>	
<p>Противо-ЭДС направлена против тока и приложенного напряжения.</p>	$E = C_m * \Phi * n$	<p>Вырабатываемая ЭДС, обеспечивающая прохождение тока по замкнутой цепи.</p>	
$I = \frac{U - E}{r}$	<p>Определение тока двигателя</p>	$U = E$	<p>В режиме холостого хода напряжение генератора равно ЭДС</p>
$n = \frac{U - I * r}{C_e * \Phi}$	<p>Определение скорости вращения якоря двигателя</p>	$U = E - I * r \boxtimes$	<p>В нагрузочном режиме напряжение меньше ЭДС на величину падения напряжения в самом генераторе</p>

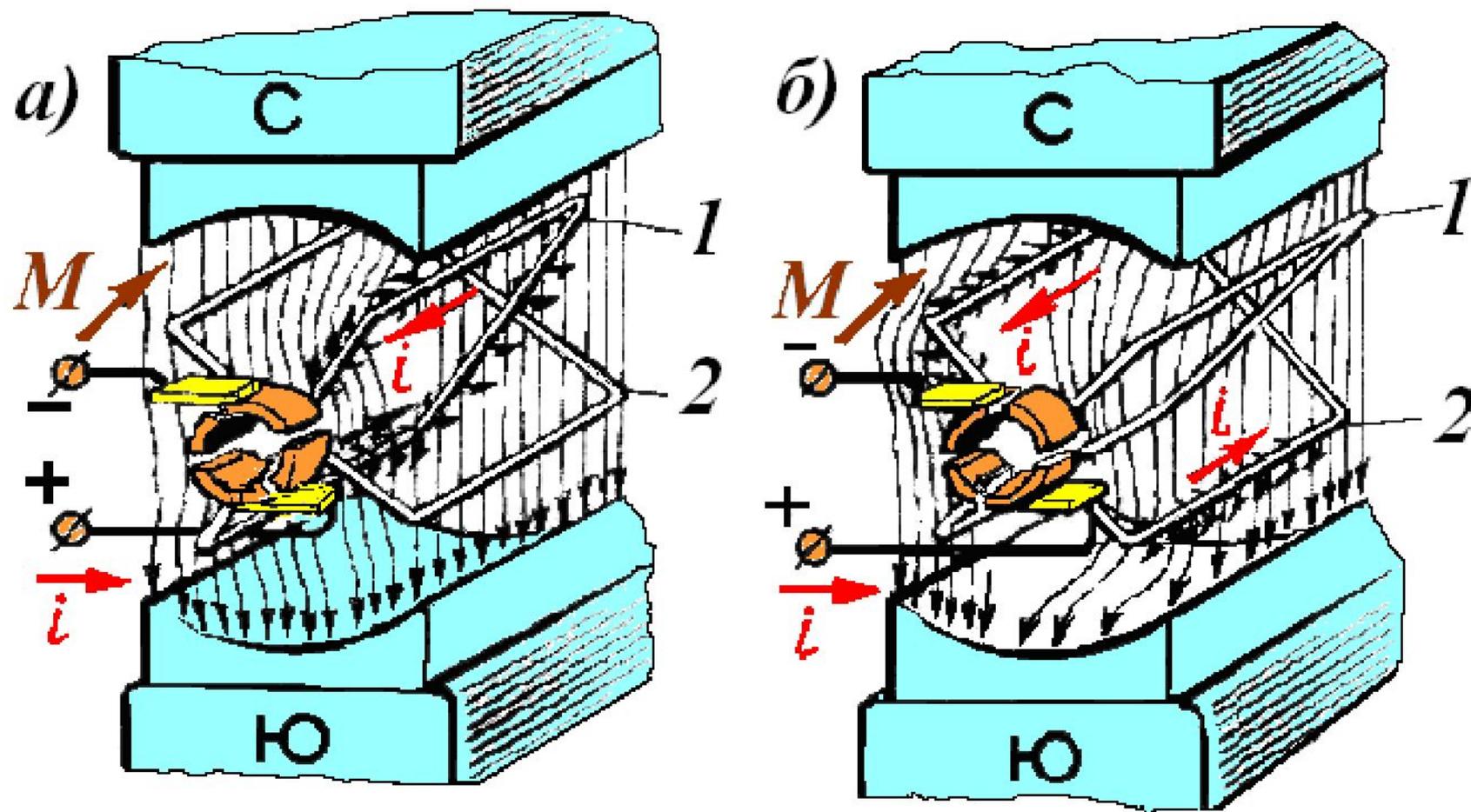
Назначение коллектора

И в генераторе и в двигателе коллектор совместно со щетками образует скользящий контакт между обмоткой якоря и внешней электрической цепью.

В двигателе коллектор преобразует постоянный ток внешнего источника в переменный ток в обмотке якоря для того, чтобы сохранить неизменным направление электромагнитного момента.

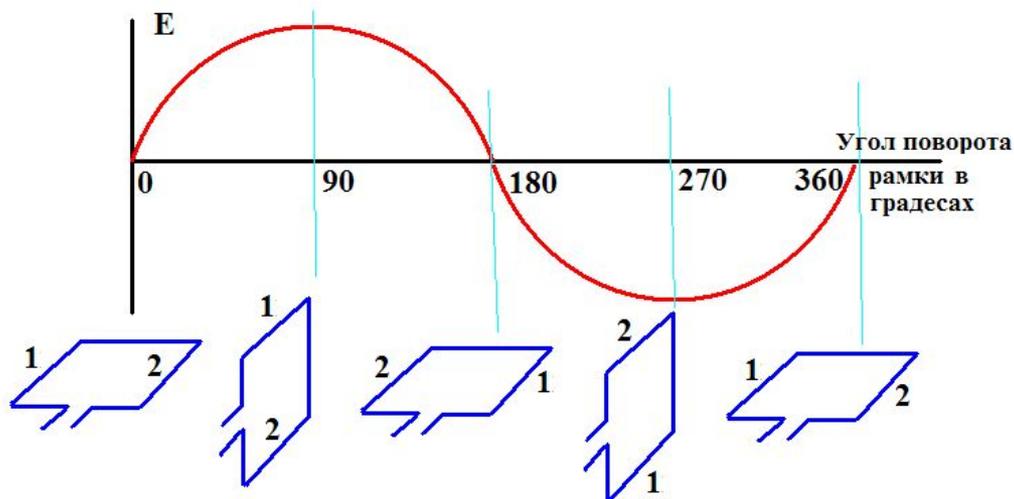
Следовательно, в электродвигателе коллектор работает в качестве *механического преобразователя постоянного тока в переменный*, обеспечивая питание обмотки якоря переменным током от внешнего источника постоянного тока.

Назначение коллектора



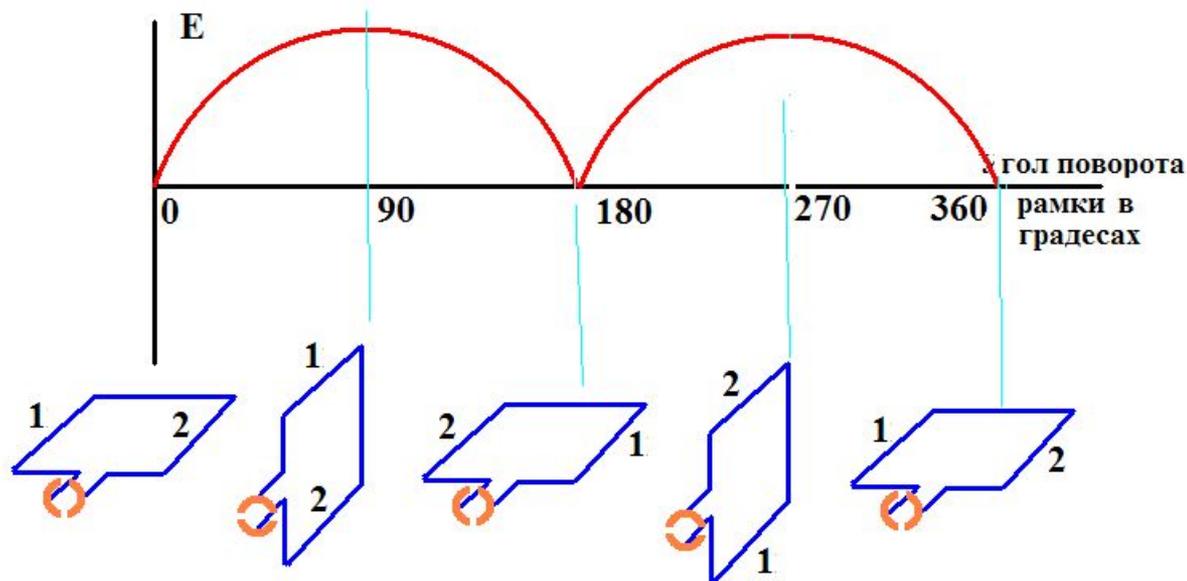
Назначение коллектора

В генераторе коллектор преобразует переменные ЭДС и ток в обмотке якоря в постоянные напряжение и ток во внешней цепи.



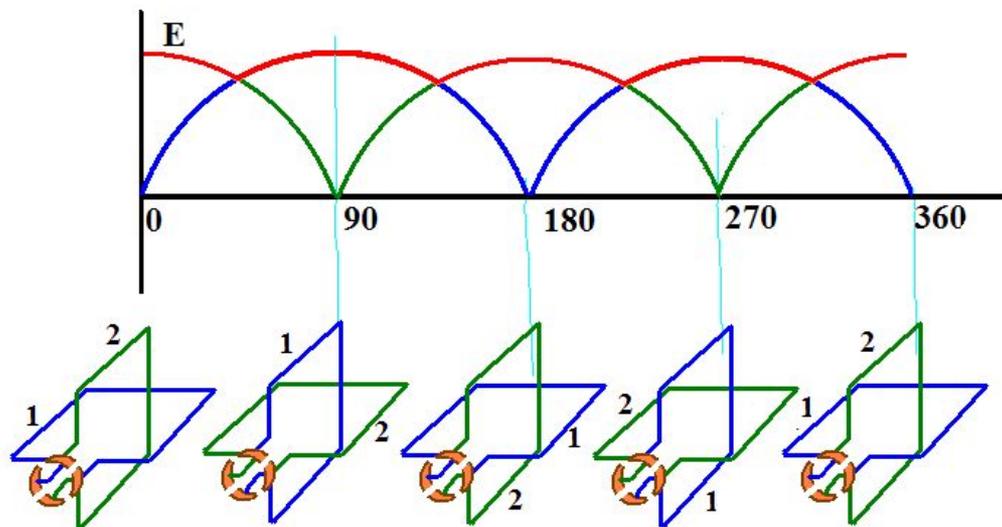
При вращении рамки в ней создается переменная ЭДС. И один полный оборот рамки соответствует полному периоду изменяющейся ЭДС.

Назначение коллектора



Чтобы превратить переменный ток в постоянный используется коллектор, при этом получается выпрямленный, но пульсирующий ток.

Назначение коллектора



Если применить систему из двух рамок развернутых относительно друг друга на 90 градусов и кольцо, выполняющее роль коллектора разрезать на 4 части, то при вращении такой системы рамок получим не только выпрямленный, но и сглаженный ток. И чем больше рамок будет у реального генератора, тем более сглаженный ток будет вырабатывать генератор.

Домашнее задание

1. А.Е. Зорохович «Основы электротехники для локомотивных бригад», стр. 84-94.
2. А.В. Грищенко «Электрические машины и преобразователи подвижного состава», стр. 6-9.
3. А.А. Дайлидко «Электрические машины тягового подвижного состава », стр. 9-13.
4. Работа с конспектом.
5. Подготовка к опросу по пройденному материалу.



Спасибо за внимание

Желаю успехов!