

# Обмотки электрических машин

## Ч.2

Обмотки электрических машин  
переменного тока

# Классификация обмоток ЭМ переменного тока

Следует различать:

1. Однослойные и двухслойные обмотки
2. Выполненные из круглого и прямоугольного провода
3. Стержневые или катушечные

Катушечные обмотки в ЭМ переменного тока выполняются  
ТОЛЬКО петлевыми.

Стержневые обмотки могут быть петлевыми и волновыми.

Тип обмотки и форма паза различаются в зависимости от  
мощности и номинального напряжения ЭМПрТ

# Однослойные всыпные обмотки

Высота оси вращения 50-63 мм

$2p = 2,4,6$

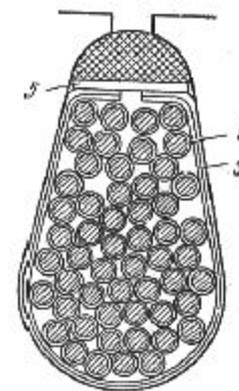
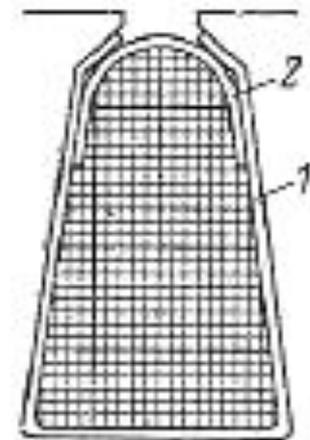
U<sub>н</sub> - до 660 В

Диаметр провода до 1,7 мм (ручная укладка).

до 1,4 мм (механизированная)

Если требуется большее сечение – производится его подразделение на 2 и более проводников (до 6 при ручной и до 2-3 при механизированной укладке обмотки ).

коэффициент заполнения паза 0,7-0,75 при ручной укладке, 0,7-0,72 при механизированной.

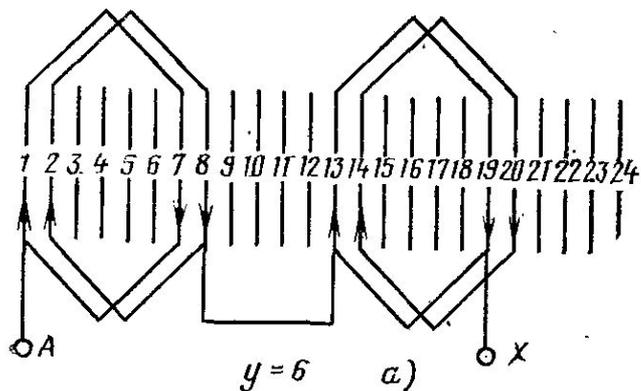


Варианты исполнения обмотки

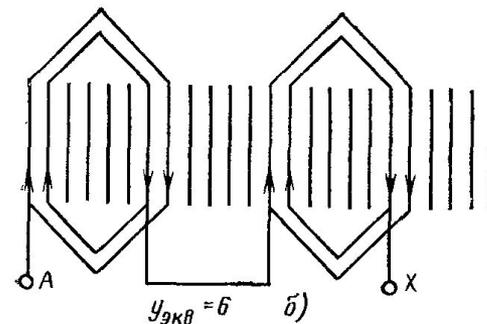
1- проводники 2- корпусная изоляция (имидофлекс 0,3 мм)

5- прокладка под клин

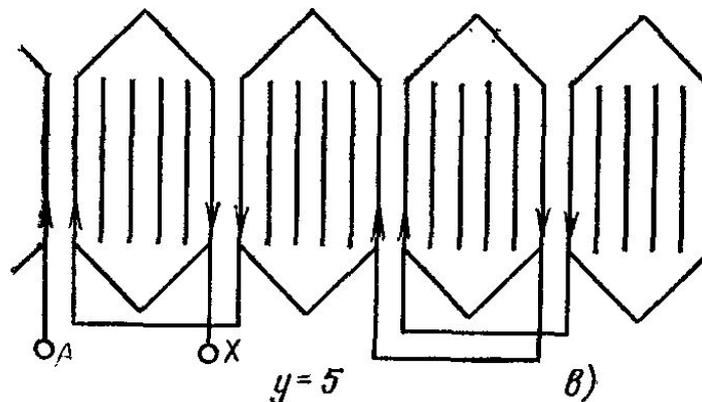
# Схемы обмотки



равнокатушечная



концентрическая



концентрическая вразвалку

# Двухслойные насыпные обмотки

Высота оси вращения 180-250 мм

$2p = 2, 4, 6, 8$

U<sub>н</sub> - до 660 В

Остальные характеристики — см.  
однослойные насыпные обмотки.

Аналогичную конструкцию имеют  
одно- двухслойные обмотки,  
применяемые в машинах с изменяемым  
числом пар полюсов и шестифазных  
генераторах специального назначения  
(MTU Германия.)

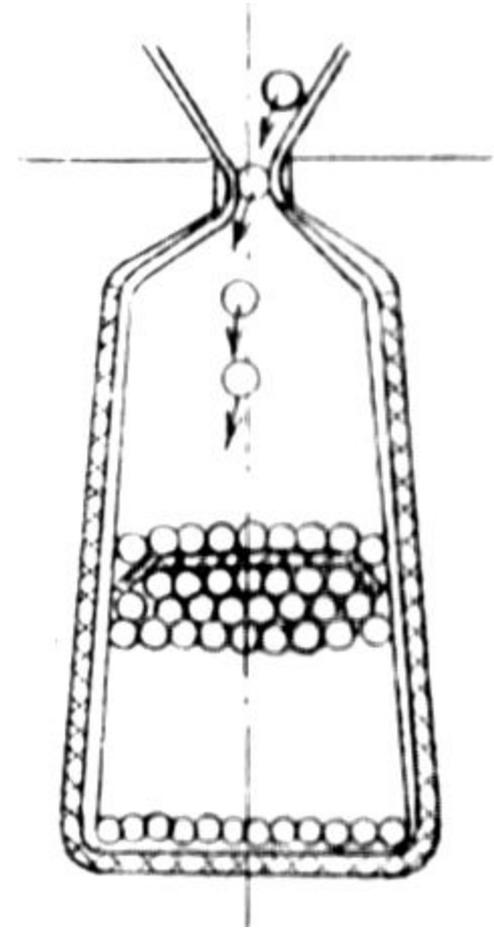
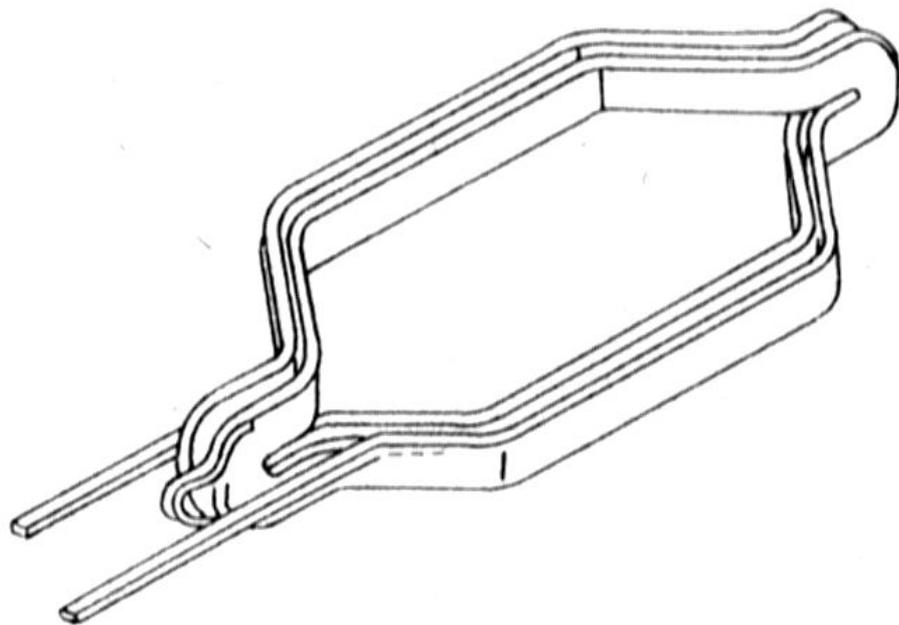


Схема укладки провода и  
изоляция насыпной обмотки

## Двухслойные обмотки из жестких полукатушек



внешний вид

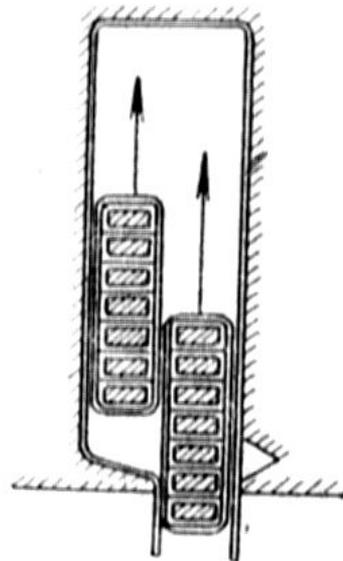


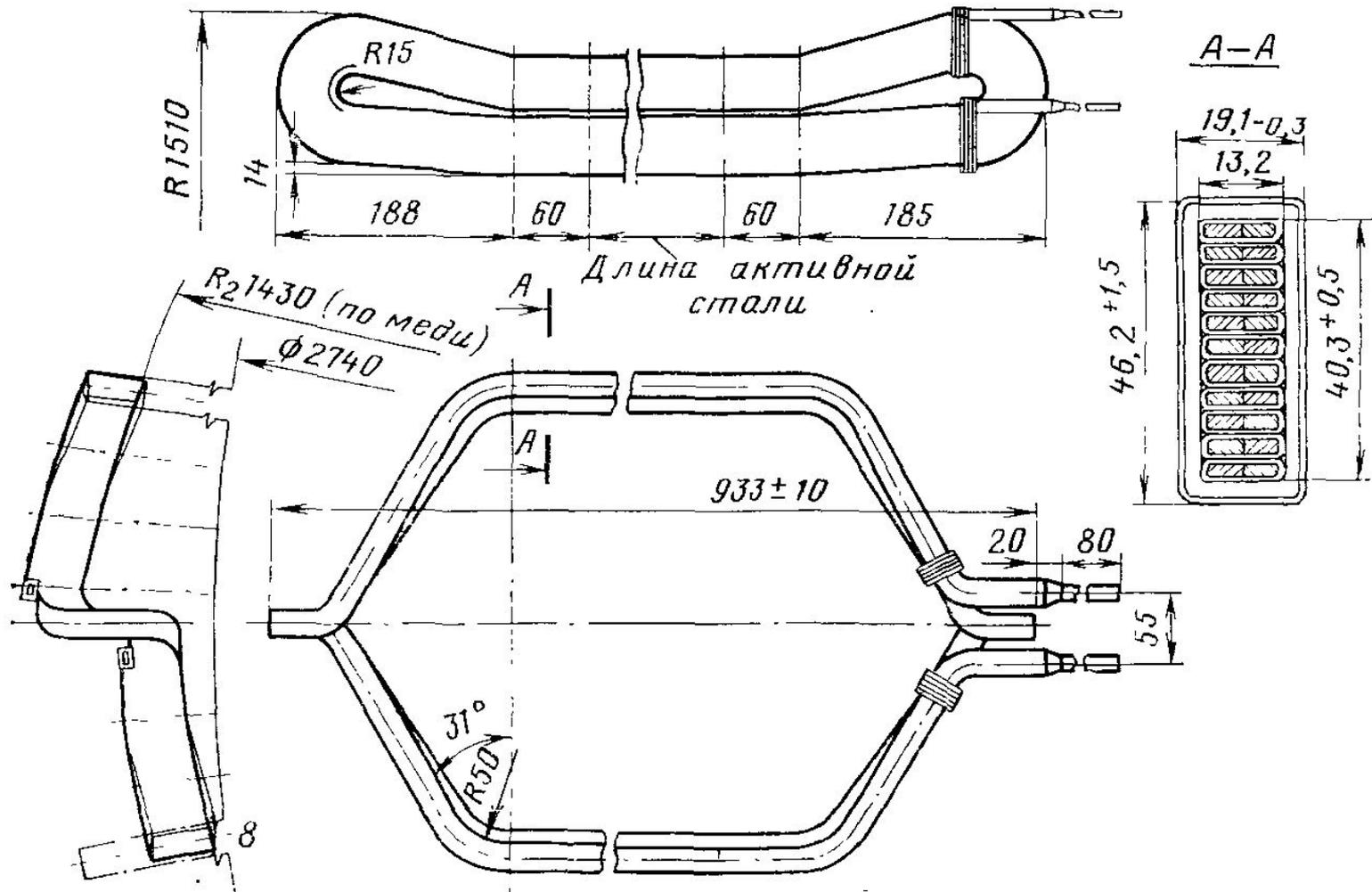
схема укладки в полузакрытый паз

Высота оси вращения 280-355 мм

$2p = 2, 4, 6, 8$   $U_n$  - до 660 В

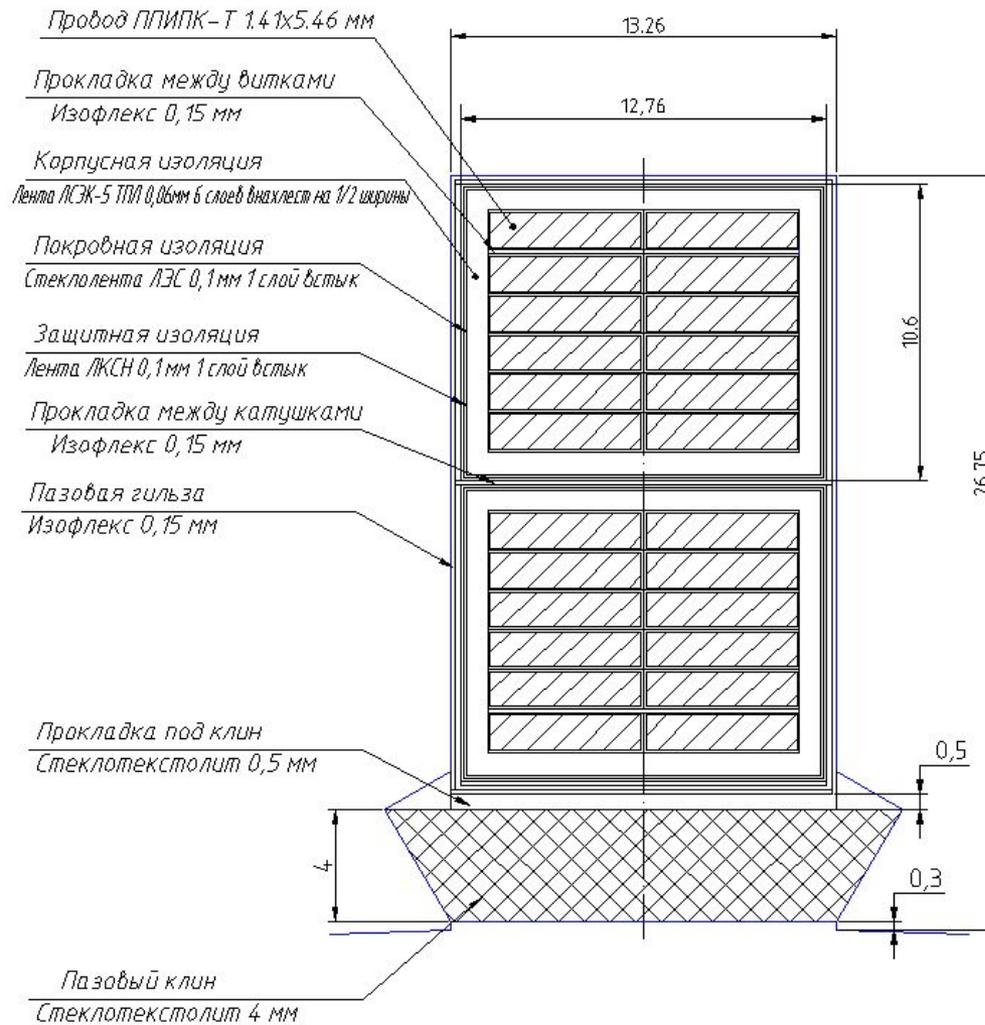
Катушка собирается из жестких полукатушек. Полуоткрытый паз позволяет снизить добавочные потери от зубцовых гармоник на поверхности ротора, уменьшить магнитный шум. Обмотки применялись в асинхронных машинах. В настоящее время вытеснены двухслойными катушечными.

# Двухслойные обмотки из жестких катушек



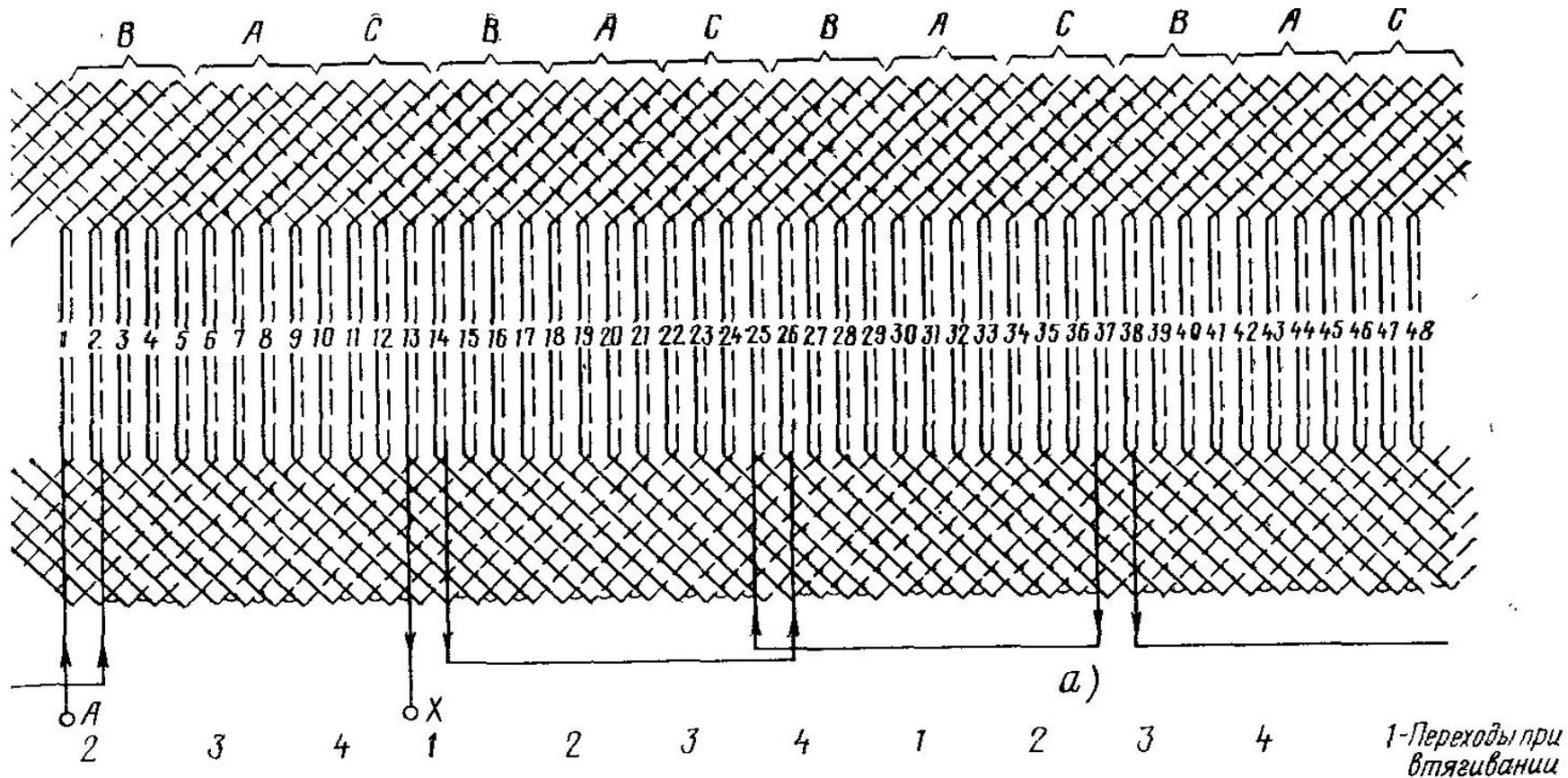
Un - до 1000 В

# Двухслойные обмотки из жестких катушек



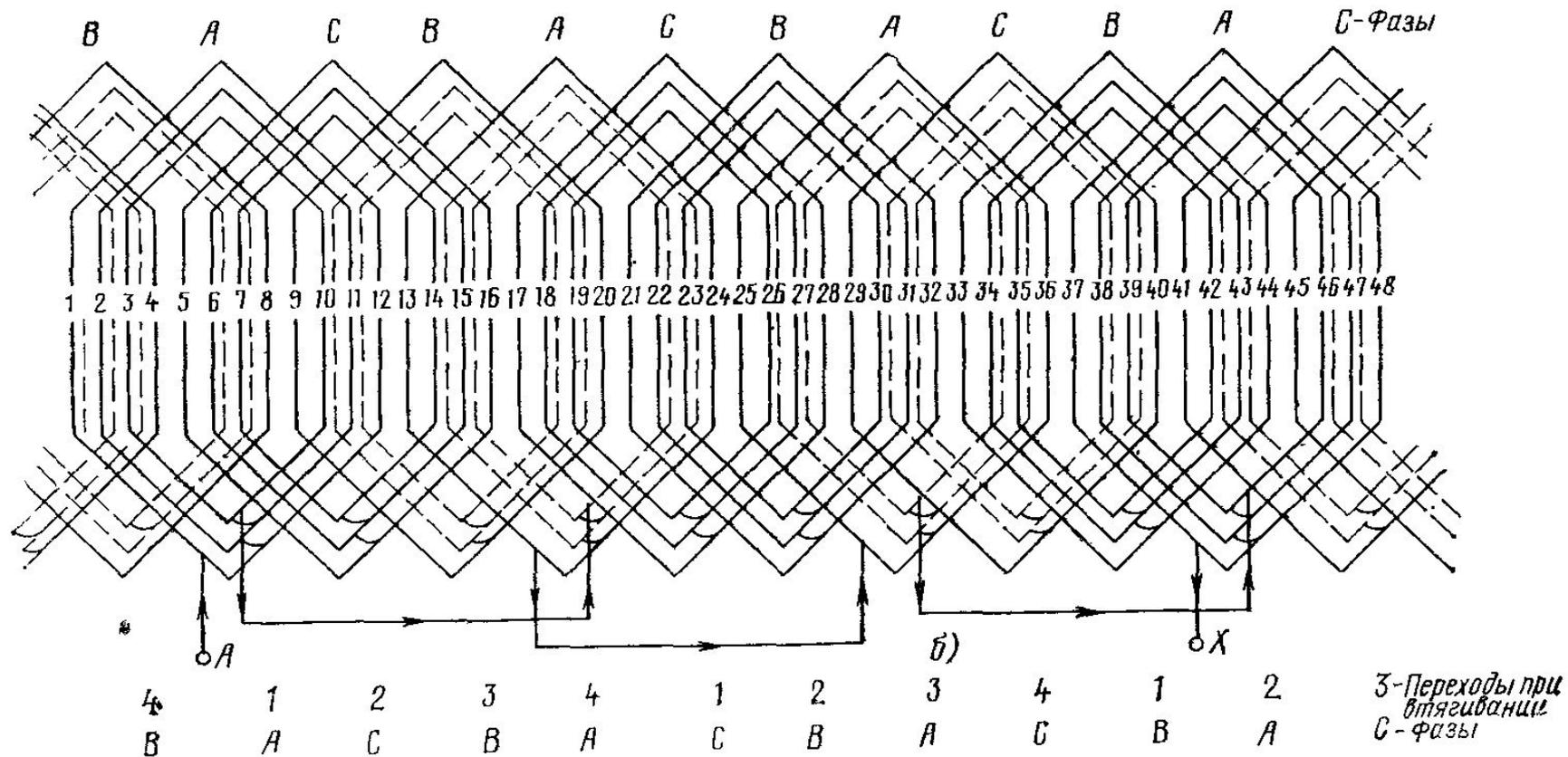
Паз с изоляцией

# Схемы обмотки



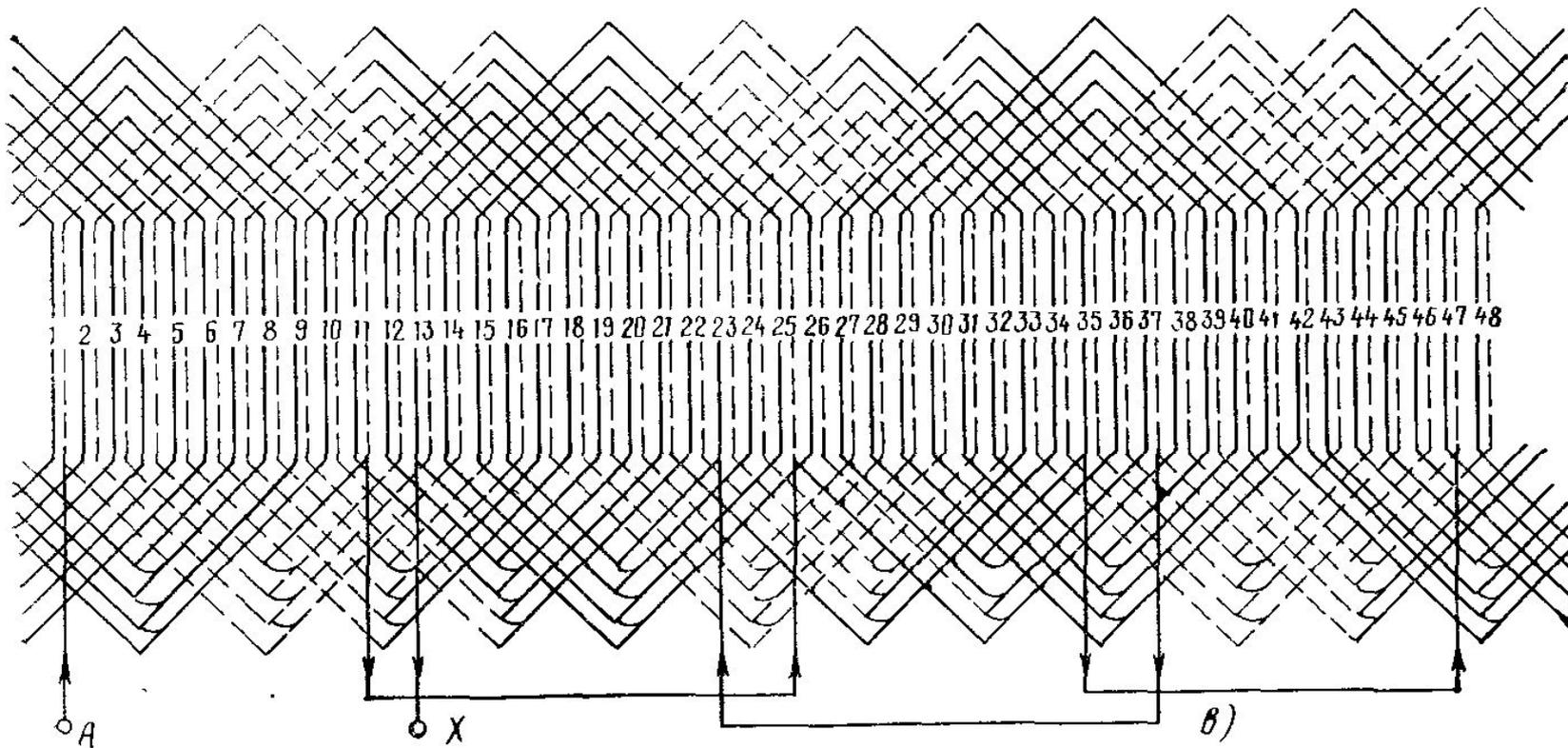
Равносекционная двухслойная

# Схемы обмотки



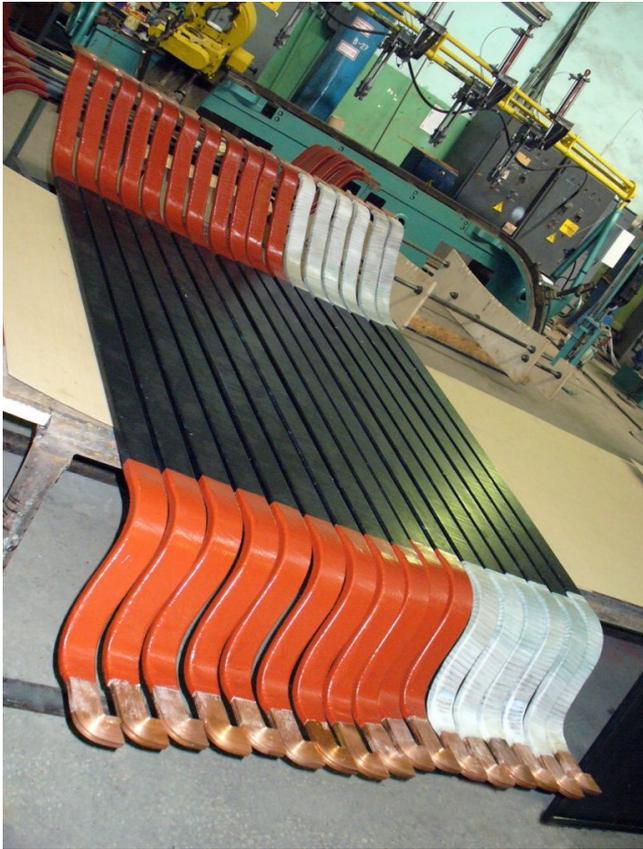
Одно-двухслойная концентрическая

# Схемы обмотки

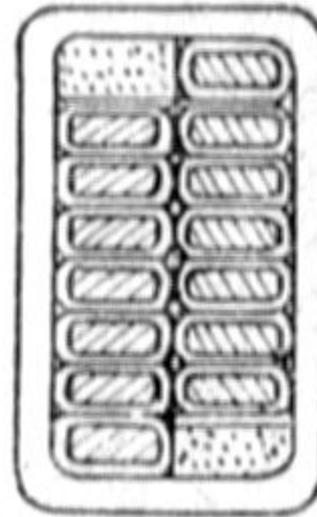


двухслойная концентрическая

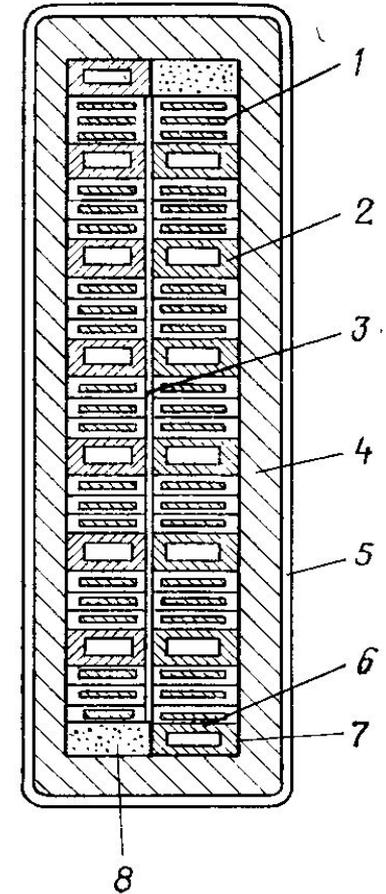
# Стержневые обмотки



Общий вид стержня крупной ЭМ



Сечение стержня крупной ЭМ  
с воздушным охлаждением



Сечение стержня крупной ЭМ  
с водяным охлаждением

1- сплошной проводник 2- полый проводник 3 – стеклоткань 4-корпусная изоляция 5 – покровная и защитная изоляция 6 – изоляция переходов 7 – полупроводящее покрытие

# Стержневые обмотки

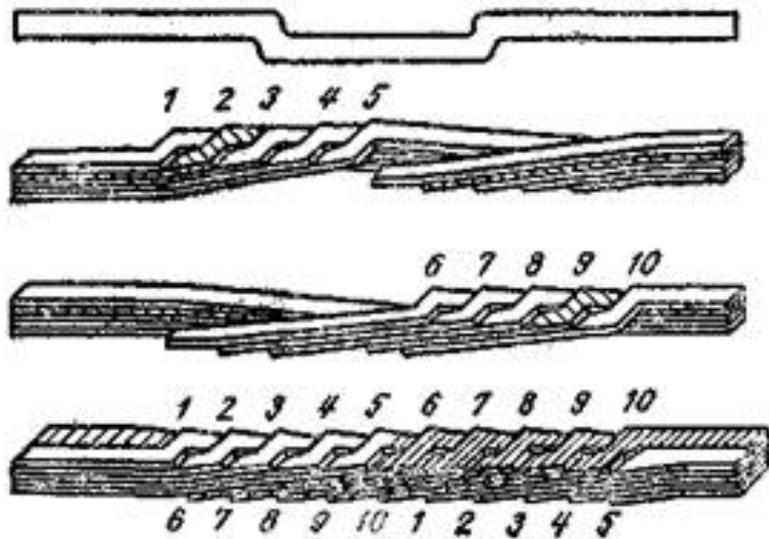
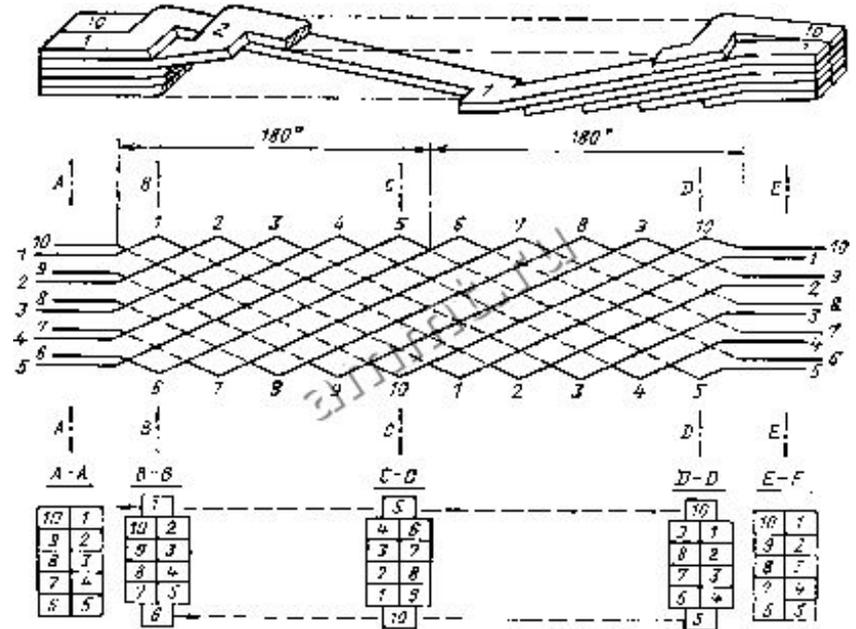


Рис. 8. транспонированная секция



Транспозиция на 360

# Ротор со стержневой обмоткой

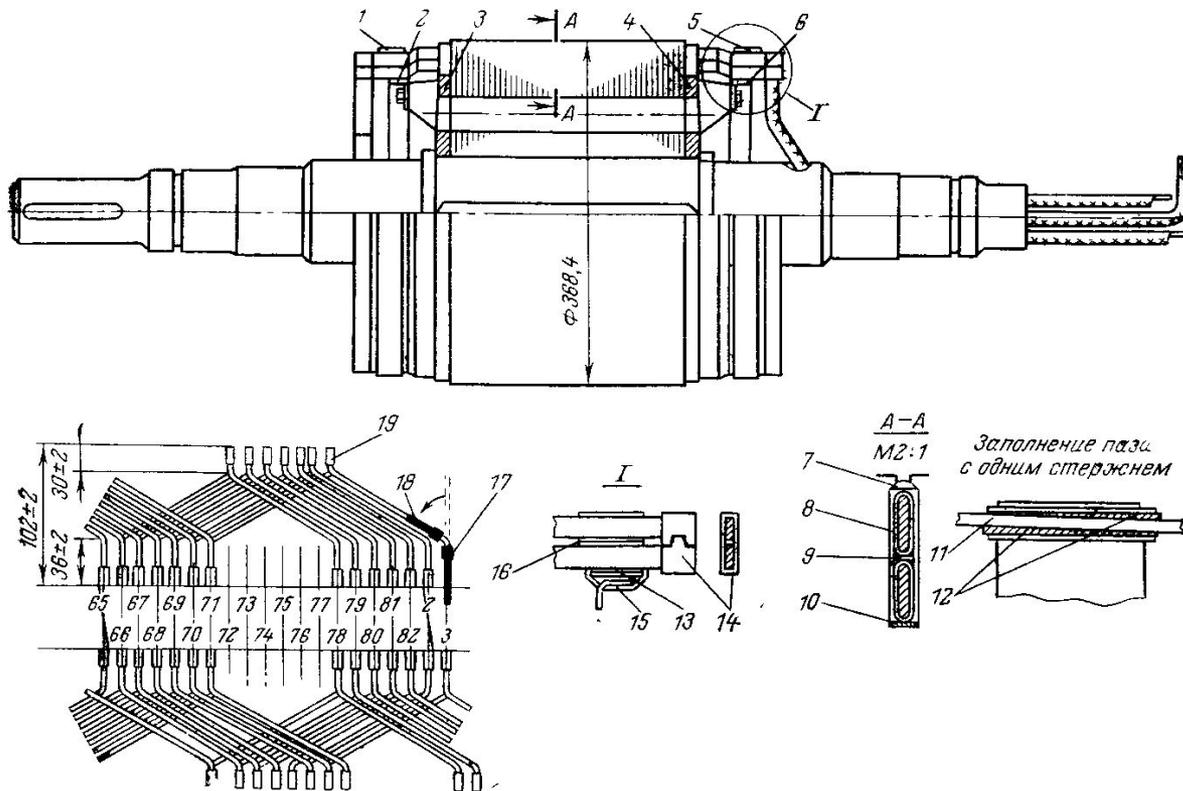
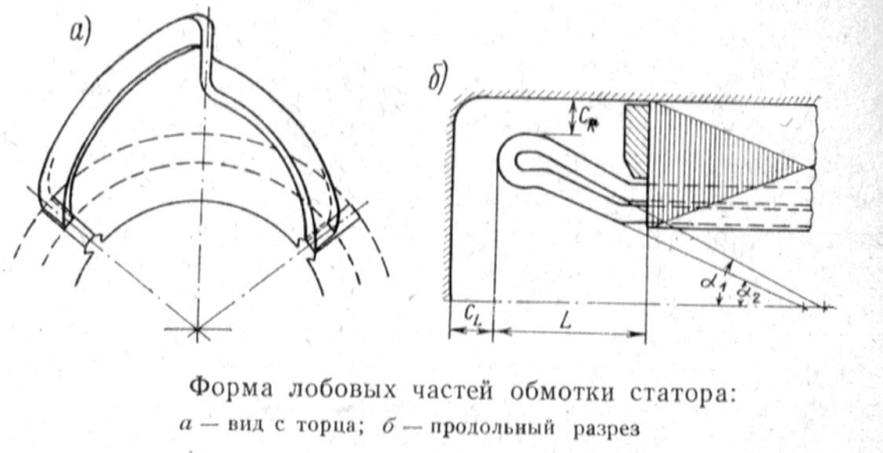


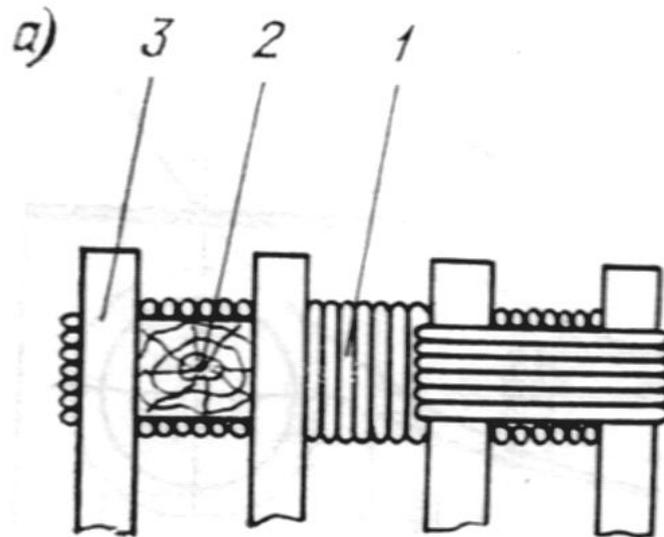
Рис. 17.14. Ротор со стержневой обмоткой.

1,5-бандажы, 2,6 –обмоткодержатели, 3,4 – шайбы, 7 – клин 8- изоляция 9-прокладка между проводниками, 10 –прокладка на дно паза, 11 – стержень 12 – клин 13 – изоляция обмоткодержателя, 14 – хомутик 15 – лента 16-прокладка

# Лобовые части и их крепление



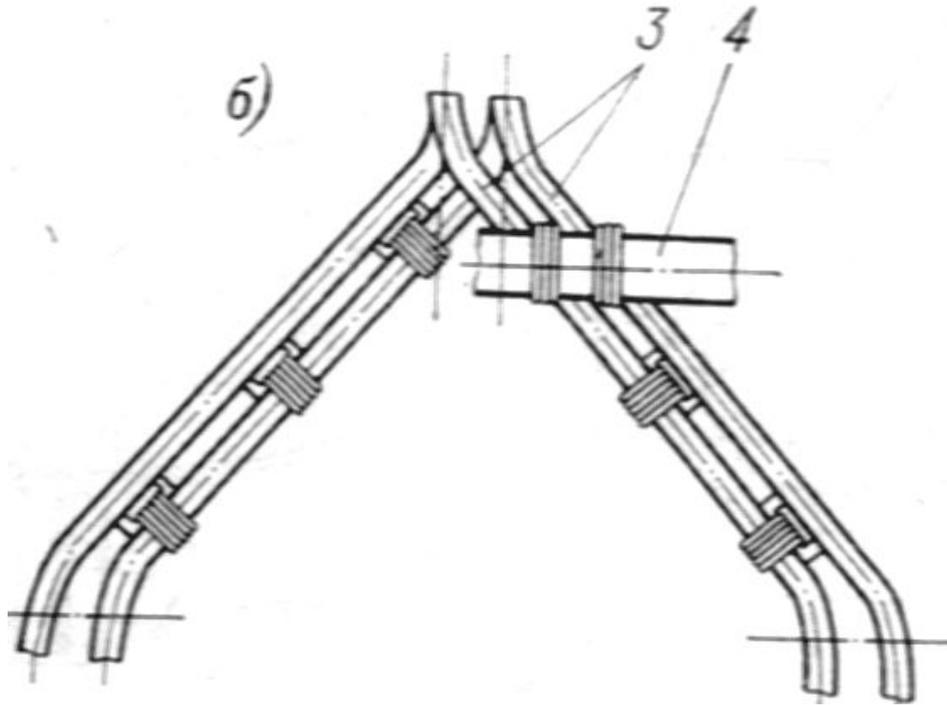
Форма лобовых частей обмотки статора:  
а — вид с торца; б — продольный разрез



Крепление лобовой части посредством дистанционных распорок, устанавливаемых между лобовыми частями соседних катушек с бандажировкой крученым шнуром к лобовым частям

- 1- бандаж из крученого шнура
- 2- распорка
- 3 — лобовая часть катушки

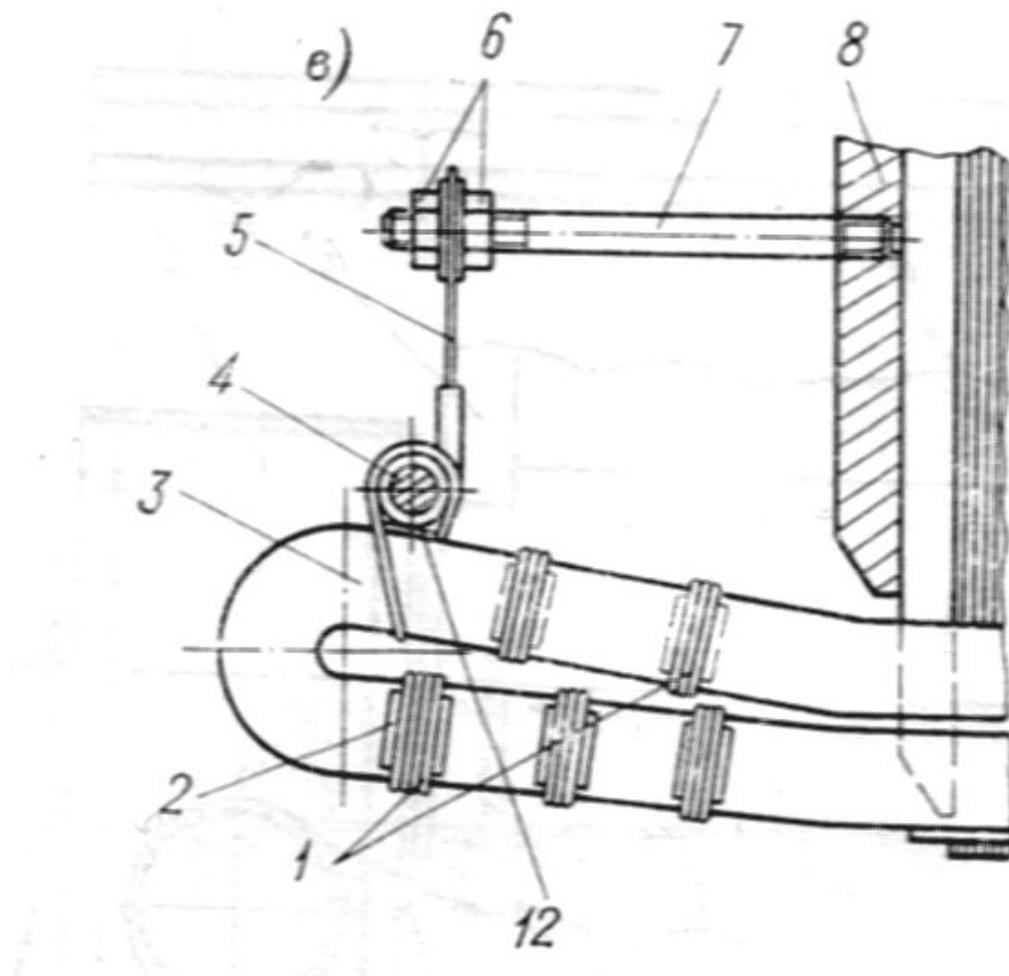
Крепление лобовой части к бандажным кольцам, надетым на лобовые части  
с закреплением их бандажом



3 – лобовая часть катушки

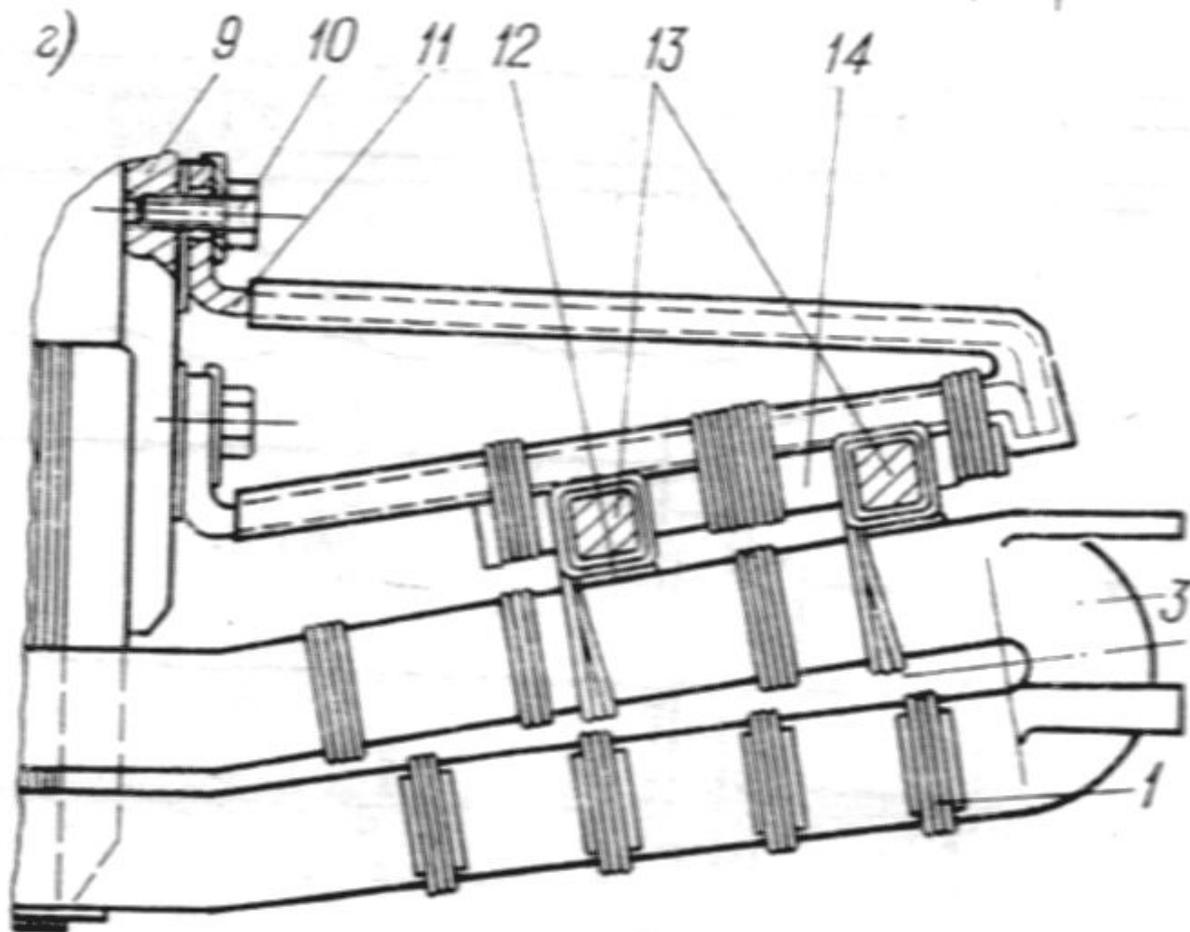
4 – бандажное кольцо

# Крепление лобовой части к бандажным кольцам, установленным на шпильках



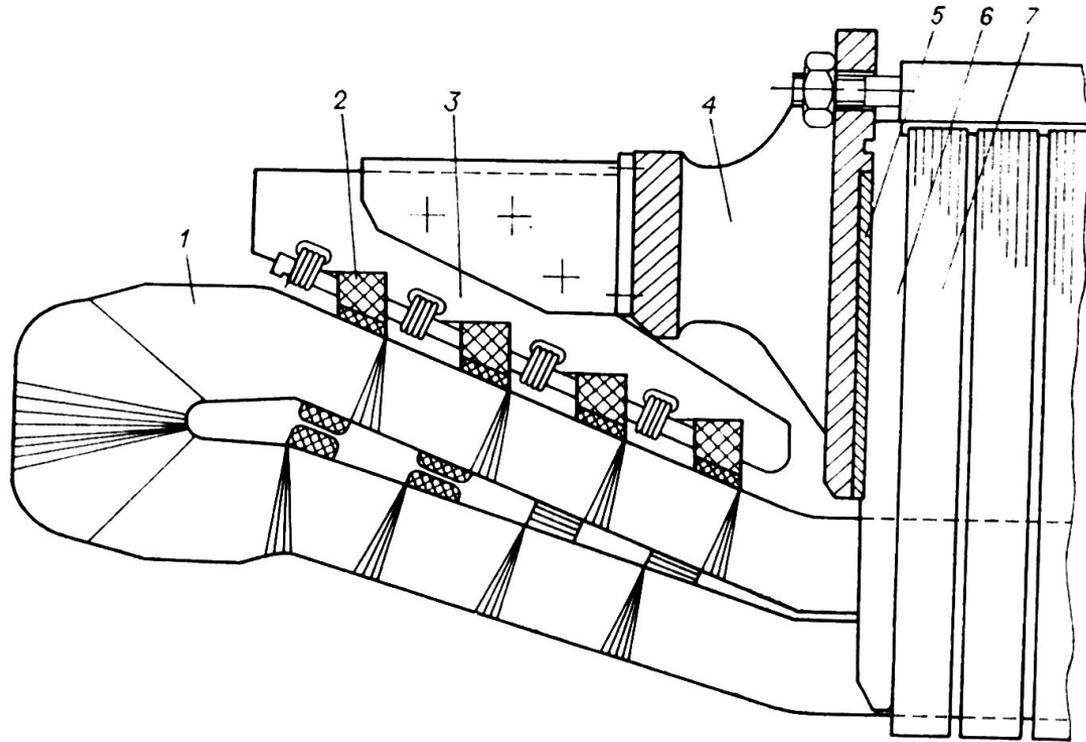
- 1 - бандаж из крученого шнура
- 2 - распорка
- 3 - лобовая часть катушки
- 4 - бандажное кольцо
- 5 - ушки
- 6 - гайки
- 7 - шпилька
- 8 - нажимное кольцо
- 12 - изоляция бандажного кольца

## Крепление лобовой части с помощью кронштейна



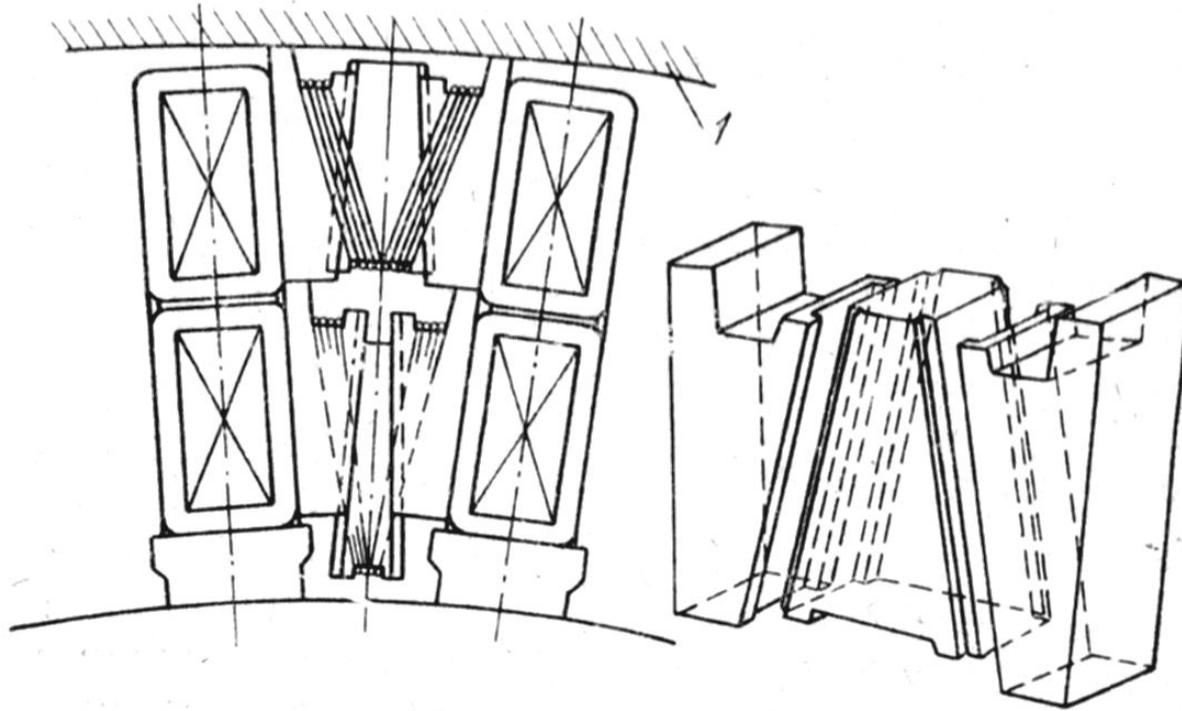
9 – нажимное кольцо 10 – болт 11 – кронштейн 12 – прокладки  
13 - бандажное кольцо 14 - распорка

## Крепление лобовой части турбогенератора традиционная конструкция



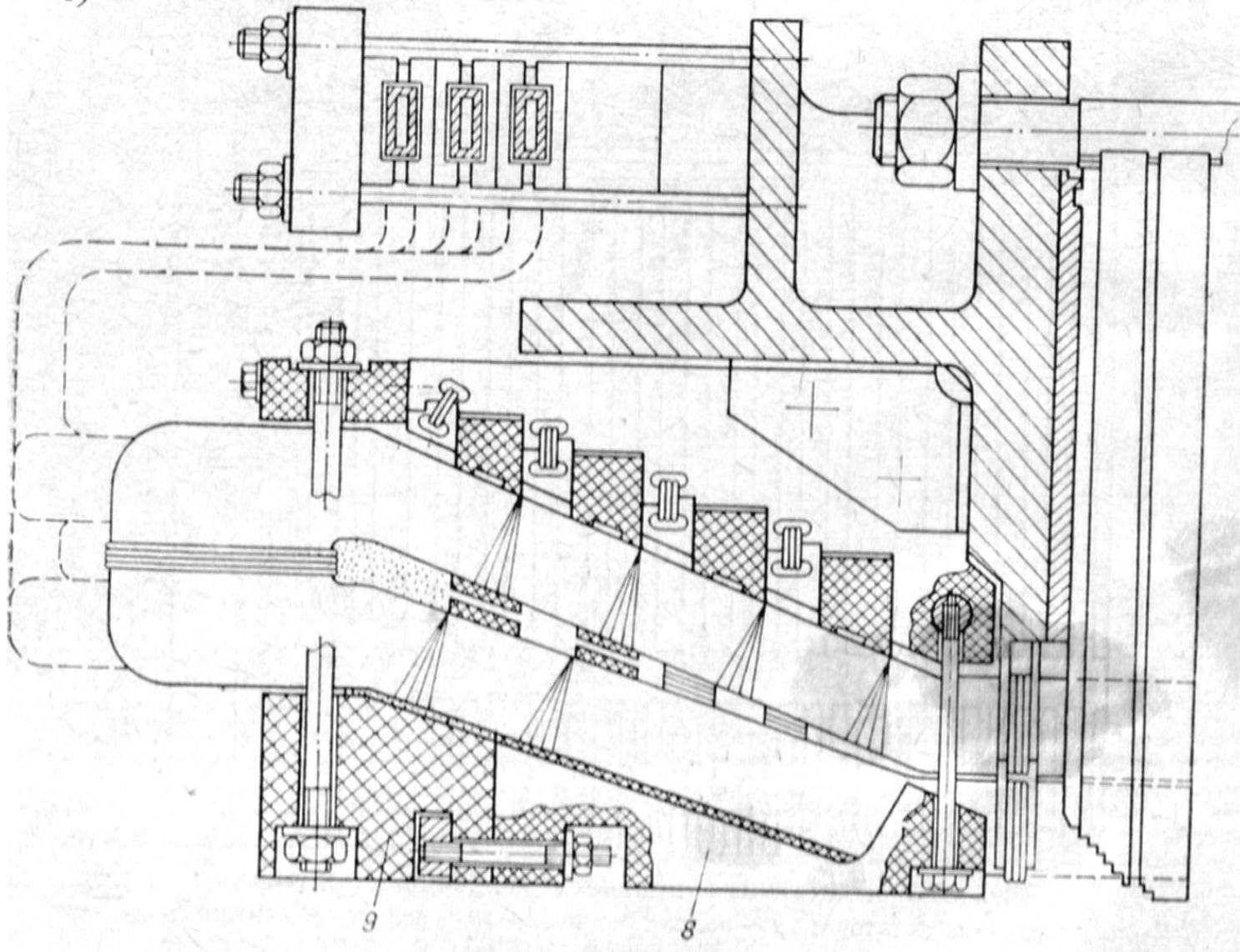
1 – лобовая часть 2 – бандажное кольцо 3- кронштейн 4- нажимная плита  
5 – экран 6 - палец 7- сердечник статора

# Крепление лобовой части турбогенератора традиционная конструкция



Крепление клиньями лобовых частей обмотки статора  
турбогенератора у выхода их из паза  
1 – нажимная плита

# Крепление лобовой части турбогенератора большой мощности



8 – вставка 9 – распорное кольцо

## Порядок расчета обмотки для машин переменного тока

1. По току фазы решить вопрос о применении типа обмотки. при  $I < 1000$  А используют катушечную обмотку.
2. Оценивается желаемое число параллельных ветвей. При катушечной обмотке число параллельных ветвей определяется из значения тока параллельной ветви (200-300 А)
3. С соответствием с классом машины решают вопрос о применении обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу.
4. Рассчитываем число пазов статора

5. Число последовательных витков в фазе  $w_1 = \frac{U_{нф}}{4k_{об1}k_B f_{min} \Phi_{\delta 0}} \quad \Phi_{\delta 0} = B_{\delta 0} l_{\delta} \alpha_{\delta} \tau$

6. Расчет зубцового деления, ширины зубца, ширины паза  $b_z = t_1 \frac{B_{\delta \max}}{B'_{z1} k_{Fe}} \quad b_n = t_1 - b_z$

9. Расчет ширины изолированного провода  $b_{np} = b_n - (\Delta_{\Sigma u} + \Delta_y) \cdot 10^{-3}$

10. Раскладываем число пазов на простые множители и устанавливаем число параллельных ветвей исходя из выбранного числа пазов на полюс и фазу.

11. Находим ток в параллельной ветви.

12. Число последовательных витков в катушке  $w_k = \frac{w_1 m a}{Z_1}$

13. Выполняем оценку высоты паза исходя из высоты ярма

14. Рассчитываем требуемую площадь поперечного сечения проводника

15. По ГОСТ 434-78 и ТУ на обмоточные провода выбираем ширину провода

# Короткозамкнутые обмотки ротора асинхронных машин

предназначены для создания момента, обеспечивающего нормальный пуск и работу двигателя.

## Требования

1. Обмотка должна создавать электромагнитный момент необходимой кратности
2. Превышение температуры обмотки не должно превосходить допустимого.
3. Должна быть обеспечена механическая прочность обмотки во всех эксплуатационных режимах.

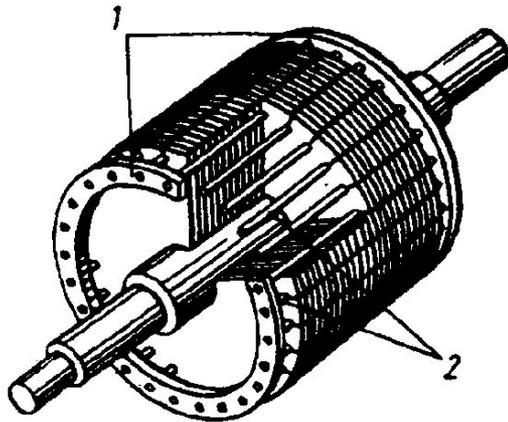


Рис. 9.33. Короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя со сварной обмоткой:

1 — замыкающие кольца; 2 — стержни обмотки

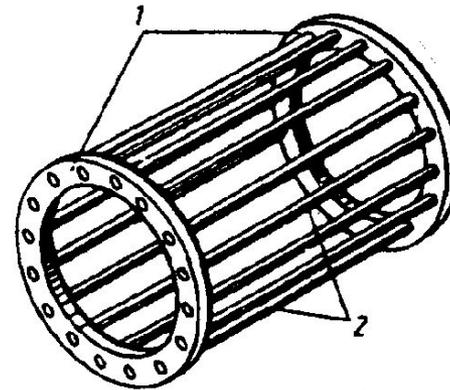


Рис. 9.34. Короткозамкнутая обмотка асинхронного двигателя:

1 — замыкающие кольца; 2 — стержни обмотки

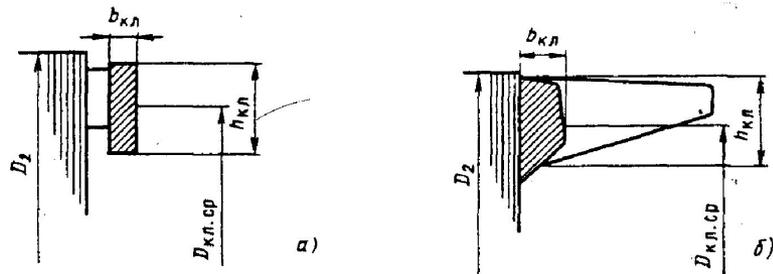


Рис. 9.37. Размеры замыкающих колец короткозамкнутого ротора:  
а — со сварной обмоткой; б — с литой обмоткой

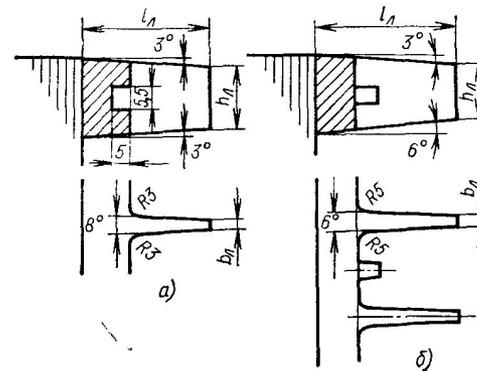
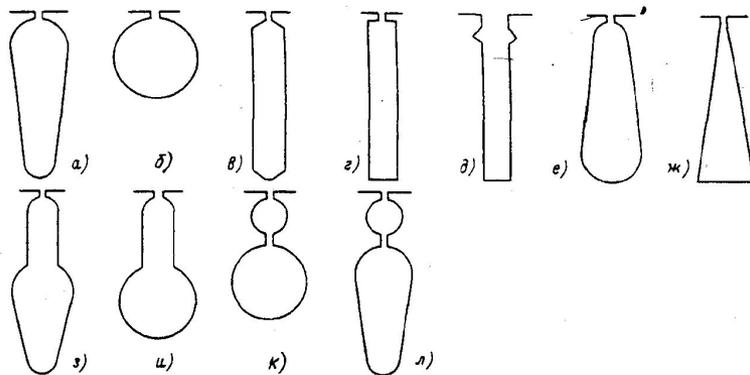


Рис. 7.21. Короткозамыкающие кольца и вентиляционные лопатки ротора:

а — двигателей с  $h=50+132$  мм; б — двигателей с  $h=160+355$  мм



Формы пазов ротора

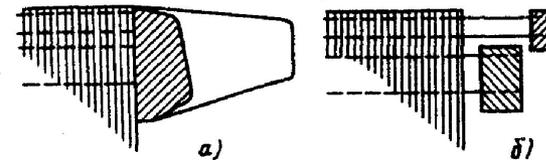
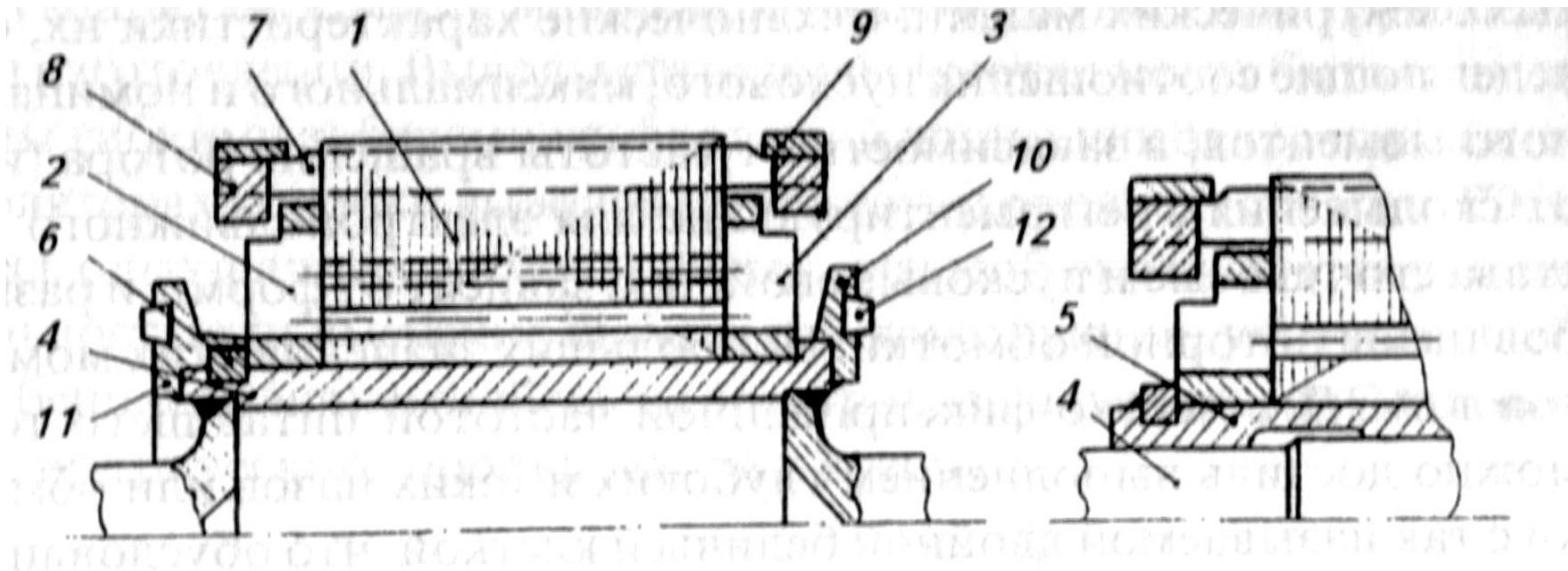


Рис. 9.39. Замыкающие кольца двухклеточных короткозамкнутых роторов асинхронных двигателей:

а — общие; б — отдельные





1- сердечник ротора 2, 3 – нажимные шайбы, 4 – вал, 5- пустотелая промежуточная втулка 6-кольцевая шпонка 7 – стержень обмотки 8-короткозамыкающие кольца 9-бандажное кольцо из стали или бериллиевой бронзы 10,11-диски 12-балансировочный груз

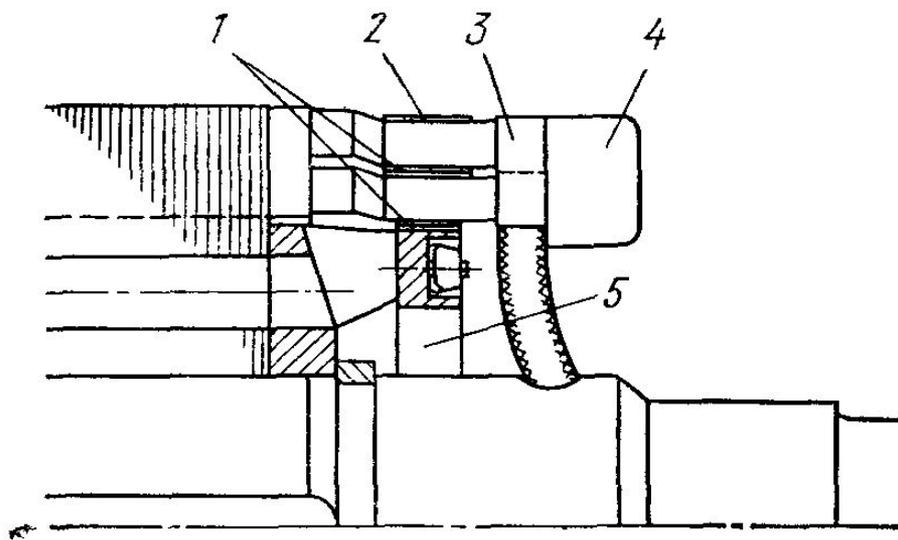


Рис. 7.20. Лобовая часть обмотки фазного ротора:

1 — лента стеклянная; 2 — лента стеклянная байдажная; 3 — хомутик; 4 — вентиляционная лопатка; 5 — обмоткодержатель