

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Електрообладнання автомобілів та спецмашин»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

за темою - Будова стартера.

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.23 № 7\_\_

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.23 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 28.08.23 № 1.

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Панченко В. І.

**Рецензенти:**

1. завідувач кафедри транспортних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор М. М. Мороз

2. старший викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, спеціаліст вищої категорії, кандидат технічних наук Волканін Є.Є.

### План лекції:

1. Загальні відомості про стартер.
2. Склад стартера.
3. Вузли і деталі електростартера.
4. Планетарний редуктор Джемса.

### Рекомендована література:

#### Основна:

1. Сажко В.А., "Електрообладнання автомобілів та тракторів", «Українська книга», Київ «Каравела» 2019 - 402с. URL : [https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=143](https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=143) (дата звернення: 12.07.2023)
2. Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю., "Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння", навчальний посібник, Вид. Гельветика, 2018-152с. URL : <https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c8e280f4-a290-4226-bd00-a618df985724/content> (дата звернення: 12.07.2023)
3. Омелічев О.В., "Підручник з будови автомобіля". Посібник для автомобілістів-початківців, Вид. Моноліт-Bizz, 2021- 288с. URL : [Омелічев-О.-В.-ПІДРУЧНИК-З-БУДОВИ-АВТОМОБІЛЯ.pdf \(kpefk.com.ua\)](https://kpefk.com.ua/omelichev-o-v-pidruchnik-z-budovi-avtomobilya.pdf) (дата звернення: 12.08.2023)
4. Дрозд М., Зозуля К., "Підручник водія. Основи керування автомобілем", Вид. Центр навчальної літератури, 2019р-198с. URL : <https://stylus.ua/uk/m-drozd-k-zozulya-pidruchnik-vodiya-osnovi-keruvannya-avtomobilem-p1081238c12513.html#specifications> (дата звернення: 14.08.2023)
5. Калашник Є. "Електронно керовані гідромеханічні коробки зміни передач в пасажирських автомобілях з тепловими двигунами", Вид. Кондор, 2022- 140с. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/elektronno-kerovani-gidromehanichni-korobki-zmini-peredach-v-pasazhirs-kih-avtomobiljah-z-teplovimi-dvig.html> (дата звернення: 04.08.2023)
6. Білякович М.О., Полянський С.К., "Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів". Частина III. Вид. Слово, 2013-624с. URL: <https://profbook.com.ua/tekhnichna-ekspluatatsiya-budivelno-dorozhnikh-mashin.html> (дата звернення: 11.08.2023)
7. Кисликов В., "Будова й експлуатація автомобілів", Вид. Либідь, 2018-400с URL: <https://epdf.tips/-6abf83e4f2929cebd73c229bc59ae99a87889.html> (дата звернення: 14.07.2023)

#### Допоміжна:

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - К.: Арістей, 2004. - 476 с. URL: <https://koha.tntu.edu.ua/bib/148616> (дата звернення: 10.08.2023)
2. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. - 168 с. URL: [Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с.](#) (дата звернення: 14.07.2023)
3. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002. -322 с. URL: <https://bigl.ua/p1907445581-bilokon-okocha-kohanivskij> (дата звернення: 04.08.2023)
4. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. - К.: Каравела, 2004. - 304 с. URL: <https://uareferats.com/index.php/book/details/333> (дата звернення: 24.08.2023)
5. Сажко В.А., Січко О.Є., Клименко Ю.М., Савін Ю.Х., Волков О.Ф. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Екосіа» за допомогою приладу УАС-5051. – К.: НТУ, 2005. – 36 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 11.08.2023)
6. Данов Б.А. Електроустаткування систем управління іноземних автомобілів. - М: Гаряча лінія; Телеком, 2004. – 224 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 24.08.2023)
7. Соснін Д.А. Автотроніки. Електрообладнання та системи бортової автоматики сучасних легкових автомобілів. - М: Солон-Р, 2005.-272 с. URL: [https://balka-book.com/ua/avtoelektronika-571/avtotronika\\_elektricheskoe\\_elektronnoe\\_i\\_avtotronnoe\\_oborudovanie\\_legkovyih\\_avtomobiley-66817](https://balka-book.com/ua/avtoelektronika-571/avtotronika_elektricheskoe_elektronnoe_i_avtotronnoe_oborudovanie_legkovyih_avtomobiley-66817) (дата звернення: 14.08.2023)

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. URL : <https://avia.gov.ua/> (дата звернення: 15.08.2023)
2. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» URL : <https://kbp.aero/> (дата звернення: 25.08.2023)
3. Офіційний сайт журналу «Крила» URL : <http://www.wing.com.ua/> (дата звернення: 30.07.2023)

### Текст лекції

#### 1. Загальні відомості про стартер.

Система пуску двигуна складається із стартерної акумуляторної батареї, стартера, або пускового пристрою із своїм стартером, комутаційної апаратури і засобів полегшення пуску.

**Стартер чи пусковий пристрій призначений** для обертання колінчастого вала з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах. У бензинових двигунах ця частота становить  $40-50 \text{ хв}^{-1}$ , а в дизельних -  $100-250 \text{ хв}^{-1}$ .

Пускова частота бензинового двигуна повинна бути достатньою для підготовки паливоповітряної суміші, здатної запалитися від електричної іскри. При запуску холодного бензинового двигуна через низьку температуру пального, стінок впускного трубопроводу і малої швидкості руху в ньому повітряного потоку в сумішестворенні приймають участь лише легковипаровувані фракції бензину. Тому пускові властивості бензину оцінюють по температурі википання 10% фракцій.

Зі зменшенням пускової частоти обертання колінчастого вала стає більш тривалим процес стискування, збільшується теплопередача в холодні стінки циліндрів та пропуск газів через нещільність в кільцях і клапанах. Тиск і температура в кінці стискування зменшуються, що погіршує умови запалювання паливоповітряної суміші та розповсюдження полум'я.

Погіршення умов сумішеутворення при пуску призводить до необхідності збільшення енергії електричної іскри.

В дизелях автомобілів чи тракторів паливоповітряна суміш створюється безпосередньо в циліндрах після подачі пального форсункою. Запалювання паливоповітряної суміші відбувається під дією високої температури середовища в камері згорання. Внаслідок малої тривалості процес сумішестворення і відсутності примусового запалювання пуск дизельних двигунів здійснювати складніше.

Пуск дизелів покращується зі збільшенням цетанового числа пального, по якому оцінюють його здатність до запалювання. При низьких температурах велике значення має випарованість дизельного пального. Пускові якості дизельного пального оцінюють по температурі википання 50% фракцій або по кількості фракцій, що википають до температури  $300^{\circ}\text{C}$ .

Температура в циліндрі в момент подачі пального повинна перевищувати температуру самозапалювання пального, щоб час затримки запалювання був менше часу, що відводиться при пуску на створення паливо-повітряної суміші і розвиток передполум'яних реакцій.

При пускових частотах обертання колінчастого вала в режимі електростартерного пуску з великою нерівномірністю обертання колінчастого вала різко збільшується тривалість процесів стискування, що викликає відповідне зростання теплопередачі, витік робочого заряду та зменшення температури і тиску в циліндрах в кінці такту стискування.

Достатні для запалювання паливоповітряної суміші тиск і температура в циліндрах дизелів досягаються завдяки більшого, ніж у бензинових двигунів, ступеня стискування та збільшення частоти обертання колінчастого вала пусковим пристроєм.

Надійність пуску дизеля можна підвищити за рахунок правильного підбору діаметрів соплових отворів в розпилювачі форсунки, правильною орієнтацією розпилювача в камері згорання, збільшенням тиску впорскування та кількістю впорскнутого пального, а також підбором найвигіднішого для пуску кута випередження подачі пального.

Під час пуску, коли вал двигуна прокручується, стартер чи пусковий пристрій долає момент опору, що його створюють сили тертя та компресія, а також момент інерції обертових частин двигуна, перш за все маховика.

Мінімальна пускова частота обертання - це найменша частота обертання колінчастого валу, при якій пуск двигуна в заданих умовах відбувається за дві спроби пуску тривалістю по 10 с для бензинових двигунів і по 15 с для дизелів з перервою між спробами 1 хв.

Мінімальне значення пускової частоти визначається по залежностях часу пуску  $i_n$  від середньої частоти обертання  $n$  колінчастого валу (рис. 2.2).

Момент опору  $M_o$  складається в основному із моменту сил тертя в кінематичних парах двигуна та моменту газових сил. Момент опору залежить від температури  $T$ , середньої частоти обертання колінчастого валу, нерівномірності обертання, числа, схеми розташування і робочого об'єму циліндрів, а також від розмірів поверхонь

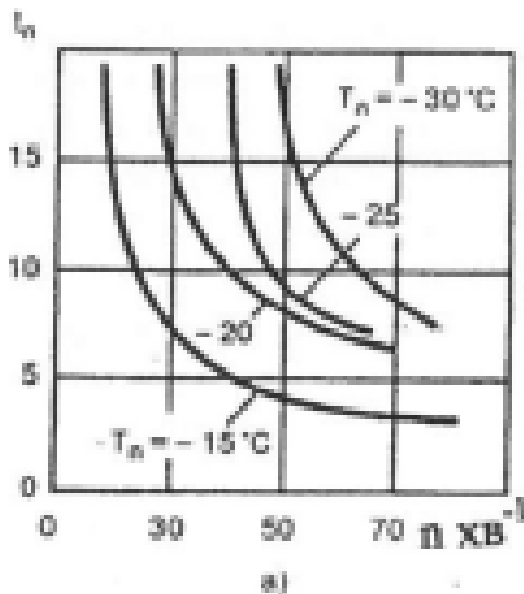


Рис. 2.2. Пускові характеристики двигунів: а) бензинового ВАЗ-2106 (масло М-6/10Г<sub>х</sub>);

Мінімальна пускова частота збільшується зі зменшенням температури, ростом в'язкості масла, а зменшується при збільшенні числа циліндрів двигуна та застосуванням пристроїв для полегшення пуску.

По мінімальній пусковій частоті обертання колінчастого валу  $n_{\text{тип}}$  і відповідному їй моменту опору  $M_o$  визначають потрібну пускову потужність.

Існує два способи пуску двигунів автомобілів і тракторів: за допомогою електричного стартера та за допомогою допоміжного пристрою, який складається із пускового двигуна зі своїм стартером та трансмісії.

Пуск електричним стартером - найбільш поширений спосіб пуску автомобільних і багатьох тракторних двигунів. Стартер зручний в експлуатації, значно полегшує роботу водія, але вимагає кваліфікованого обслуговування. Характеризується обмеженим запасом енергії акумуляторної батареї, що скорочує число можливих спроб пуску двигуна, особливо в зимовий період.

Стартери надійні в роботі, забезпечують дистанційне управління і можливість автоматизації процесу пуску за допомогою електротехнічних пристроїв.

## 2.Склад стартера.

Стартер складається з електродвигуна постійного струму, механізму приводу та керування. Конструкція електродвигуна майже однакова в усіх стартерах. Принцип дії двигуна постійного струму зручно пояснити на схемі рис. 2.3 де показаний виток який обертається в магнітному полі, якщо до щіток підвести постійну напругу (рис. 2.3, а).

Під дією напруги  $U$  через щітки, колекторні пластини та виток потече струм  $i$ . По закону електромагнітної сили (закон Ампера) взаємодія струму  $i$  та магнітного поля  $B$  створює силу  $F$ , котра направлена перпендикулярно  $B$  та  $i$ . Напрямок сили визначається правилом лівої руки (рис. 2.3, б): на верхню частину витка сила діє вправо, на нижню - вліво. Ця пара сил створює крутний момент  $M$ , який повертає виток по часовій стрілці. При переході верхньої частини витка в зону південного полюса, а нижньої в зону північного полюса кінці провідника і з'єднані з ними колекторні пластини вступають в контакт зі щітками іншої полярності. Напрямок струму в верхній та нижній частині витка змінюється на протилежний, а напрям сил /моменту  $M$  не змінюється. Виток безперервно буде обертатися в магнітному полі і може приводити в обертання вал робочого механізму (РМ).

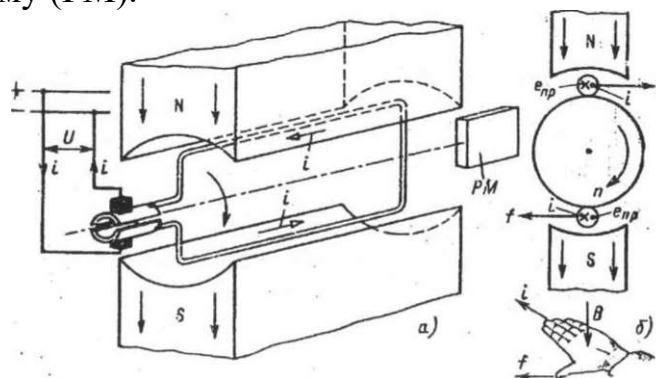


Рис. 2.3. Принцип дії електродвигуна постійного струму

Таким чином, колектор в електродвигуні не тільки забезпечує контакт з акумуляторною батареєю, але й виконує функцію механічного інвертора, тобто постійний струм акумуляторної батареї перетворює в змінний струм у витку.

Електричні характеристики стартерного електроприводу з електродвигунами постійного струму послідовного, паралельного або змішаного збудження добре узгоджуються зі складним характером навантаження, яке створюється поршневими двигунами при пуску.

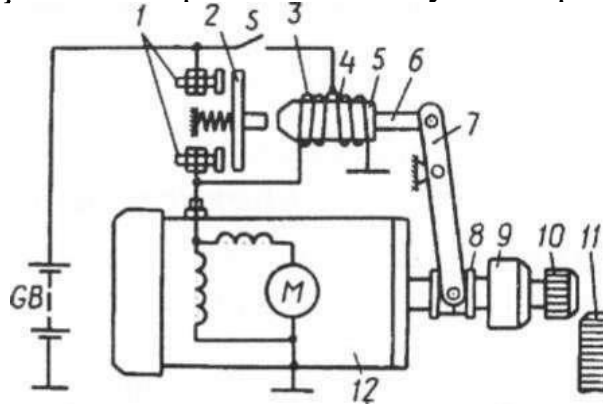


Рис. 2.4. Схема керування електростартером: 1 - силові контакти; 2 - рухомий контактний диск; 3,4- втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле відповідно; 5 - якорь тягового реле; 6 - шток; 7 - важіль приводу; 8 - повідкова муфта; 9 - муфта вільного ходу; 10- шестірня приводу; 11 - вінець маховика; 12 - електродвигун

Схема електростартера з дистанційним керуванням наведена на рис. 2.4.

При замкненні контактів 8, які розташовані на замку запалювання (у додатковому реле чи в реле блокування), втягувальна й утримувальна обмотки 3 та 4 тягового реле вмикаються до акумуляторної батареї. Під дією МРС обох обмоток якорь 5 тягового реле переміщується до осердя електромагніту і з допомогою штоку 6 та важеля приводу 7 вводить шестірню 10 у зачеплення з вінцем маховика 11. У кінці ходу якоря 5 тягового реле контактний диск 2 замикає силові контакти 1, і акумуляторна батарея з'єднується зі стартерним електродвигуном.

Шестірня 10 перебуває в зачепленні доти, доки будуть замкнуті контакти 8, якими керує водій. Проте після пуску двигуна частота обертання колінчастого вала може досягти  $1000 \text{ хв}^{-1}$  і більше. Якщо обертання передаватиметься на якорь стартера, то він обертатиметься з частотою  $10000-15000 \text{ хв}^{-1}$ . Навіть коли частота обертання якоря збільшиться до такого значення на короткий час (поки водій не вимкне стартера), може статися рознесення якоря. Щоб запобігти цьому, в більшості стартерів зусилля вала якоря до шестірні приводу передається через муфту вільного ходу 9, яка передає обертовий момент тільки в одному напрямі - від вала якоря до маховика.

Після розімкнення контактів 8 втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле через силові контакти залишаються включені послідовно. Кількість витків обох обмоток однакова і по них протікає струм однієї і тієї самої сили. Оскільки напрям струму втягувальної обмотки змінюється на



протилежний, то в обмотках діють два рівні, проте протилежно спрямовані магнітні потоки. Осердя електромагніта розмагнічується і пружина переміщує якір реле у вихідне положення, розмикає силові контакти і виводить шестірню 10 із зачеплення з вінцем маховика.

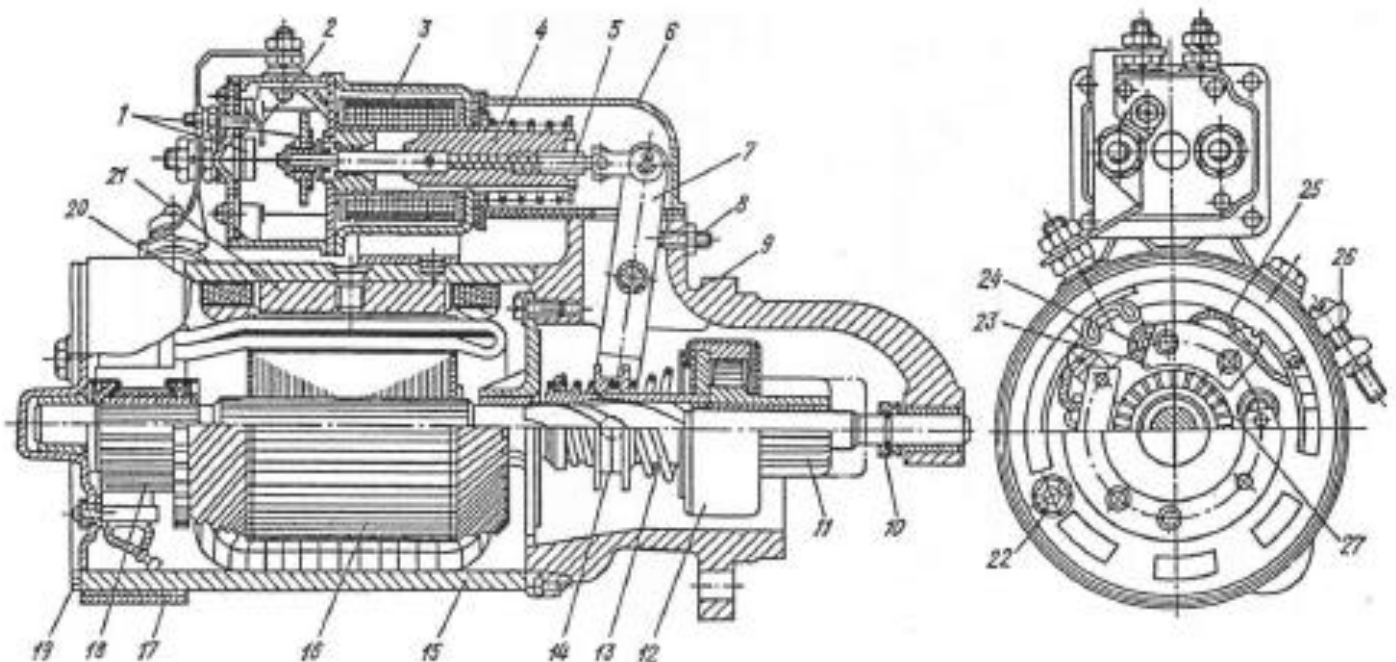
### Будова стартера

Як було показано на схемі 2.4, стартер складається з електродвигуна постійного струму, електромагнітного тягового реле та механізму приводу; іноді в нього вмонтовують додатковий редуктор.

Вузлами і деталями електростартера (рис. 2.8) є корпус 15 з полюсами 21 і котушками 20 обмотки збудження, якір 16 з колектором 18, механізм приводу з муфтою 12 вільного ходу, шестірнею 11 та буферною пружиною 13, електромагнітне тягове реле з обмоткою 3 і контактами 1, кришка з боку приводу, кришка 19 з боку колектора та щітковий вузол із щіткотримачами 23, щітками 27 і щітковими пружинами 24.

Корпуси електростартерів, які є частиною магнітної системи і несучою конструкцією для кришок, виготовляють із труби чи зі сталевий штаби. До корпусу гвинтами прикріплюють чотири полюси з котушками обмотки збудження. Кількість котушок та полюсів однакова.

Котушки послідовної обмотки збудження мають невелику кількість витків із неізовованого мідного дроту прямокутного перерізу марки ПММ. Витки ізововано один від одного електроізововіючим картоном завтовшки 0,2-0,4 мм. Котушки паралельної обмотки в стартерах змішаного збудження намотують з



ізовованого круглого проводу. Ззовні котушки ізововують бавовняною стрічкою чи полімерними матеріалами. Котушки в обмотках з'єднують послідовно, попарно-паралельно або паралельно.

Рис.2.8. Вузли і деталі електростартера:

1- контакти; 3-електромагнітне тягове реле з обмоткою і кришка з боку приводу, 11-шестірня; 12- механізм приводу з муфтою вільного ходу, 13- буферна пружина, 15-корпус; 16- якір; 18- колектор, 19- кришка з боку колектора; 20- котушки обмотки збудження, 21-полюси; 23- щітковий вузол із щіткотримачами, 24- щіткові пружини; 27-щітки;

Струм в обмотку збудження надходить через головні контакти тягового реле багатожильним проводом (чи мідною шиною), який проходить через ізоляційні втулки в корпусі або в кришці з боку колектора.

**Якір стартера** - це шихтоване осердя, в пази якого вкладено обмотку. В шихтованому осерді менші втрати на вихрові струми. Осердя якоря на-пресовано на вал, що обертається на двох чи трьох опорах із бронзо-графітними підшипниками або з підшипниками з порошкового матеріалу. В якорях стартерних електродвигунів застосовують прості хвильові та петльові обмотки з одно- та двовитковими секціями. Одновиткові секції роблять із неізолюваного проводу прямокутного перерізу марки ПММ, двовиткові - з ізолюваного проводу круглого перерізу.

Відкриті, напівзакриті або закриті пази якорів можуть мати прямокутну чи грушоподібну форму. Пази прямокутної форми краще заповнювати проводом прямокутного перерізу, укладаючи його в два шари, й ізолюючи один від одного та від пакета якоря гільзами 8-подібної форми з електрокартону або полімерної плівки. Пази грушоподібної форми зі сталим чи змінним перерізом зубця застосовують у стартерах малої потужності з двовитковими секціями.

На лобовій частині обмотки якоря накладають бандажі з кількох витків сталевого дроту, бавовняного шнура чи скловолокнистого матеріалу, просоченого синтетичними смолами. Бандаж лобових частин можна виготовляти також у вигляді алюмінієвого кільця з ізоляційною кільцевою прокладкою з гетинаксу.

Кінці секцій обмотки якоря кладуть у пази колекторних пластин. Кінець однієї секції та початок наступної приєднують до однієї колекторної пластини. В деяких електростартерах застосовують збірні циліндричні колектори на металевій втулці, а також циліндричні та торцеві колектори з пластмасовим корпусом.

Збірні циліндричні колектори, які використовують на стартерах великої потужності, складають з мідних пластин та ізолювальних прокладок із миканіту, слюдиніту чи слюдопласту. Пластини в колекторі закріплюють за допомогою металевих натискних кілець та ізоляційних корпусів по бічних опорних поверхнях. Від металевої втулки, яку напресовують на вал якоря, мідні пластини ізолюють миканітовою циліндричною втулкою.

У циліндричних колекторах із пластмасовим корпусом пластмаса, що є формувальним елементом колектора, ізолює колекторні пластини від вала, і сприймає навантаження. Для підвищення міцності колектора в пластмасовий

корпус введено армовані кільця з металу чи прес-матеріалу. Невеликі колектори можна виготовляти із суцільної циліндричної заготовки, яку розрізують після спресовування пластмасою на окремі ламелі.

Робоча поверхня торцевого колектора (автомобілі ВАЗ СТ29.3708, стартери тракторних пускових двигунів СТ 362 та ін., рис. 2.9) розміщена в площині, перпендикулярній до осі обертання якоря. Виготовляючи торцевий колектор із мідної втулки, формують пластину у вигляді диска з отвором, прямокутними пазами за кількістю потрібних колекторних пластин і кільцевими виступами. Диск з боку виступів опресовано пластмасою. У пластмасовому корпусі прошивають внутрішній отвір для напресовування колектора на вал. Щоб відокремити пластини, колектор потрібно обрізати за зовнішнім діаметром.

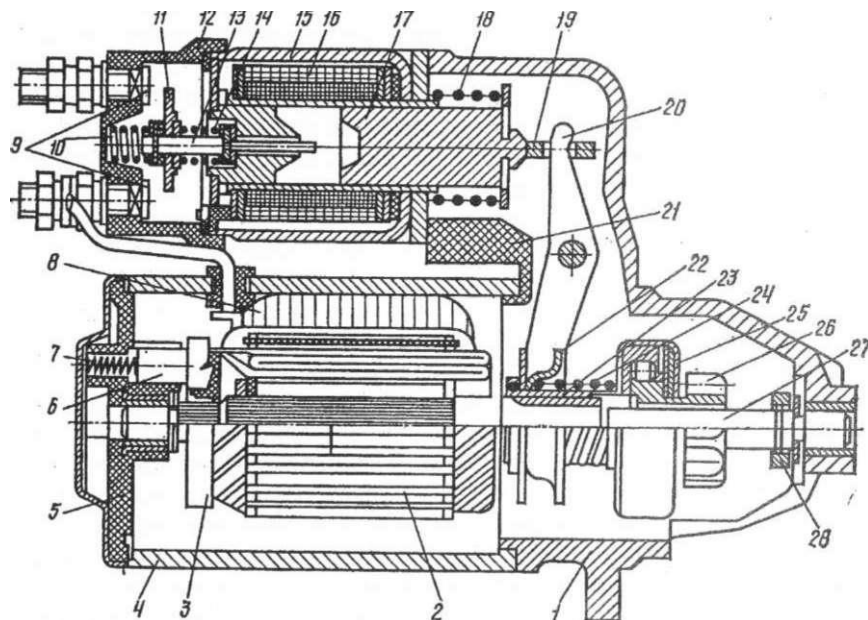


Рис. 2.9. Стартер СТ-362 тракторного пускового двигуна ПД-10УД: 1 - кришка з боку привода; 2 - якір; 3 - торцевий колектор; 4 - корпус; 5 - кришка з боку колектора; 6 - щітка; 7 - пружина щітки; 8 - полюс статора з обмоткою збудження; 9 - силові контакти; 10 - пружина штоку; 11 - контактний диск; 12 - кришка тягового реле; 13 - шток; 14 - прижимна пружина; 15 - корпус реле; 16 - котушка тягового реле; 17 - якір тягового реле; 18 - пружина; 19 - серга; 20 - важіль включення стартера; 21 - ущільнююча прокладка; 22 - муфта включення; 23 - втулка; 24 - пружина включення; 25 - муфта вільного ходу; 26 - шестерня включення; 27 - вал якоря; 28 - упорна шайба

У стартерах із торцевими колекторами щітки розміщують у пластмасову чи металеву траверсу і притискають до робочої поверхні колектора крученими циліндричними пружинами. Через відсутність вікон у кришці з боку колектора в стартерах забезпечено краще ущільнення щітково-колекторного вузла. Застосування конструкцій з торцевим колектором дає змогу зменшити довжину стартера та витрати колекторної міді порівняно з конструкціями з циліндричними колекторами в 2 рази, виключити застосування дорогої

миканітової ізоляції, зменшити масу стартера на 0,5-0,7 кг та підвищити експлуатаційну надійність і довговічність.

Кришки з боку колектора виливають із чавуну, сталі, алюмінію, цинкового сплаву або штамнують зі сталі. Безпосередньо до кришки або до траверси заклепками чи гвинтами прикріплюють щіткотримачі ізольованих щіток, які відокремлюють від кришок прокладками з текстоліту або з іншого ізоляційного матеріалу. Конструкція щіткотримачів така, що щітки легко замінювати. Радіальні щіткотримачі виготовляють у вигляді сталевих обойми коробчастого типу. Щітки мають канатики з наконечниками для приєднання до щіткотримачів.

### **3. Вузли і деталі електростартера.**

В електростартерах застосовують мідно-графітові щітки, які містять свинець та олово. Більше графіту в щітках для потужних стартерів і стартерів із важкими умовами комутації.

Кришки з боку приводу виливають з алюмінієвого сплаву або з чавуну. Конструкція кришки залежить від матеріалу, з якого її виготовлено, типу механізму приводу, способу прикріплення стартера на двигуні та тягового реле на стартері. Встановлені фланці кришки мають не менше двох отворів для болтів кріплення стартера. Розміри приєднувальних деталей регламентовано стандартами. Фланцеве кріплення стартера до картера зчеплення або до маховика, у разі його знімання та повторного встановлення, дає змогу зберегти сталюю міжосьову відстань у зубчастому зчепленні. У кришці передбачено отвір, який дає змогу шестірні приводу входити в зачеплення з вінцем маховика. Існують численні модифікації стартерів, які відрізняються один від одного розміщенням кріпильних отворів фланця та положенням кришки з боку приводу щодо тягового реле.

Стартери потужністю понад 4,4 кВт і діаметром корпусу 130-180 мм розміщують у заглибинах спеціальних приливок двигуна. До посадкової поверхні приливка двигуна корпус стартера притискають сталевими стрічками. Від повороту стартер фіксують шпонками або штифтами. У кришках та проміжній опорі стартера ставлять підшипники ковзання. Проміжну опору роблять у стартерах, які мають діаметр корпусу 115 мм і більше. Опору у вигляді диска з чавуну, сталі чи алюмінієвого сплаву затискають між корпусом та кришкою з боку приводу або прикріплюють до кришки. Підшипники змащують у процесі виготовлення або ж під час технічного обслуговування та експлуатації. У стартерах великої потужності бобишки підшипників мають маслянки з резервуарами для мастильного матеріалу і мастильними фільцями.

Тягове реле прикріплюють до кришки з боку приводу. Дистанційно кероване тягове реле забезпечує введення шестірні в зачеплення з вінцем маховика і вмикає стартерний електродвигун до акумуляторної батареї.

Реле може мати одну або дві обмотки, намотані на латунну втулку, в якій вільно переміщується сталевий якір, що діє на шток із рухомим контактом. Два

нерухомих контакти у вигляді контактних болтів закріплюють у пластмасовій кришці тягового реле.

У двообмотковому реле утримувальну обмотку, розраховану тільки на утримування якоря реле в притягнутому до осердя стані, виготовлено з проводу меншого діаметра і з прямим виводом на масу. Втягуючу обмотку підімкнено паралельно до контактів реле. Коли реле увімкнено, вона діє згідно з утримувальною обмоткою та створює потрібну силу притягування, якщо зазор між якорем та осердям максимальний. Коли стартерний електродвигун працює, замкнені контакти тягового реле шунтують, втягуючи обмотку.

Тягове реле важелем з'єднано з механізмом приводу, розміщеним на частині вала зі шліцами. Важіль діє на привод через повідкову муфту. Його виливають із полімерного матеріалу або складають із двох штампованих сталевих частин, які з'єднують клепанням чи зварюванням.

Механізм приводу з муфтою вільного ходу забезпечує введення й утримування шестірні в зачепленні з вінцем маховика під час пуску двигуна, передавання потрібного крутного моменту колінчастому валу та запобігає руйнуванню якоря стартерного електродвигуна, від'єднуючи його від маховика працюючого двигуна.

Найбільшого поширення в електростартерах набули безшумні й технологічні роликові муфти вільного ходу, здатні за невеликих розмірів передавати значні крутні моменти. Роликові муфти малочутливі до забруднення, не потребують догляду та регулювання під час експлуатації.

Муфта вільного ходу роликового типу (рис. 2.10) може вільно переміщуватися по спеціальних шліцах вала стартера. На шліцевій напрямній втулці закріплено зовнішню ведучу обойму 5, в якій є чотири клинчастих пази з роликами 1, що їх відтискує в бік вузької частини паза штовхач 2 із пружиною 3.

Якщо стартер увімкнено, то крутний момент від ведучої обойми 5 ролики 1 передають на ведену обойму 14, виготовлену як єдине ціле з шестірнею приводу. Ролики заклинено між ведучою та веденою обоймами.

Коли двигун буде запущено, ведена обойма стане ведучою (ведучим стане зубчастий вінець маховика), ролики розклиняться і муфта пробуксовуватиме.

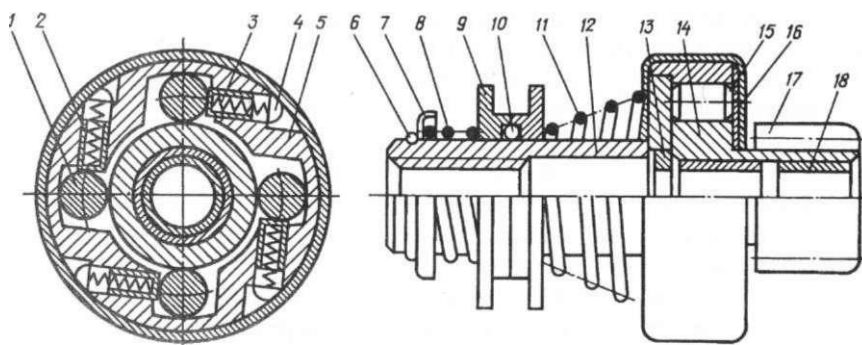


Рис. 2.10. Плу́нжерна (роликова) муфта вільного ходу:

1 - ролик; 2 — плунжер; 3 - притискна пружина; 4 - упори пружини; 5 - зовнішня ведуча обойма; 6, 10- замкові кільця, 7 - чашка; 8 - пружина; 9 -

*втулка відведення; 11 - буферна пружина; 12 - прорізна напрямна втулка; 13 — центрувальне кільце, 14 - ведена обойма; 15 -металева пластина; 16 - кожух муфти; 17 - шестірня приводу; 18 – вкладка*

У стартерах великої потужності муфти вільного ходу не застосовують, оскільки за цих умов вони працюють ненадійно. У стартері СТ-142 (двигуни ЯМЗ-740, КамАЗ) застосовано храповий механізм приводу (рис. 2.11, а,б). Деталі його розміщені на напрямній втулці 1, яка має прямі внутрішні шліци та багатозахідну стрічкову зовнішню різьбу.

Напрямна втулка разом із приводом може переміщатися по шліцах вала стартера. На зовнішній різьбі втулки розміщена ведуча половина 8 храпової муфти, а ведену її половину 13 виготовлено разом із шестірнею, і вона може вільно обертатися на втулці 1 у бронзових графітових підшипниках. Торці половин храпової муфти, які мають зубці, притискує один до одного пружина 7. Ведену половину 13 закриває в корпусі 5 замкове кільце 10, а замкове кільце 2 не дає корпусу 5 переміщатися вздовж втулки 1. Для амортизації ударів під час вмикання стартера під пружину 7 поставлено сталеву шайбу 6 і гумове кільце 4. Щоб запобігти спрацьовуванню зубців храпової муфти та знизити шум у момент, коли двигун запущено, а стартер ще не вимкнено, передбачено механізм блокування. У середині веденої половини 13 муфти вміщено три пластмасових сухарі 12 з радіальними отворами, в які входять напрямні штифти 11. Зовнішня поверхня сухарів має конічну форму, яка прилягає до виточки сталевого кільця 9, поставленого у ведучій половині 8 муфти. Кільце 9 притискує сухарі 12 до напрямної втулки 1. Під час передавання крутного моменту від вала стартера до вінця маховика виникає осьове зусилля, яке притискує ведучу та ведену половини храпової муфти. Коли двигун буде запущено, станеться пробуксовування храпової муфти, оскільки зміниться напрям передавального зусилля на шестірні стартера (під час пуску - від шестірні до вінця, а коли двигун працює - в зворотному напрямі).

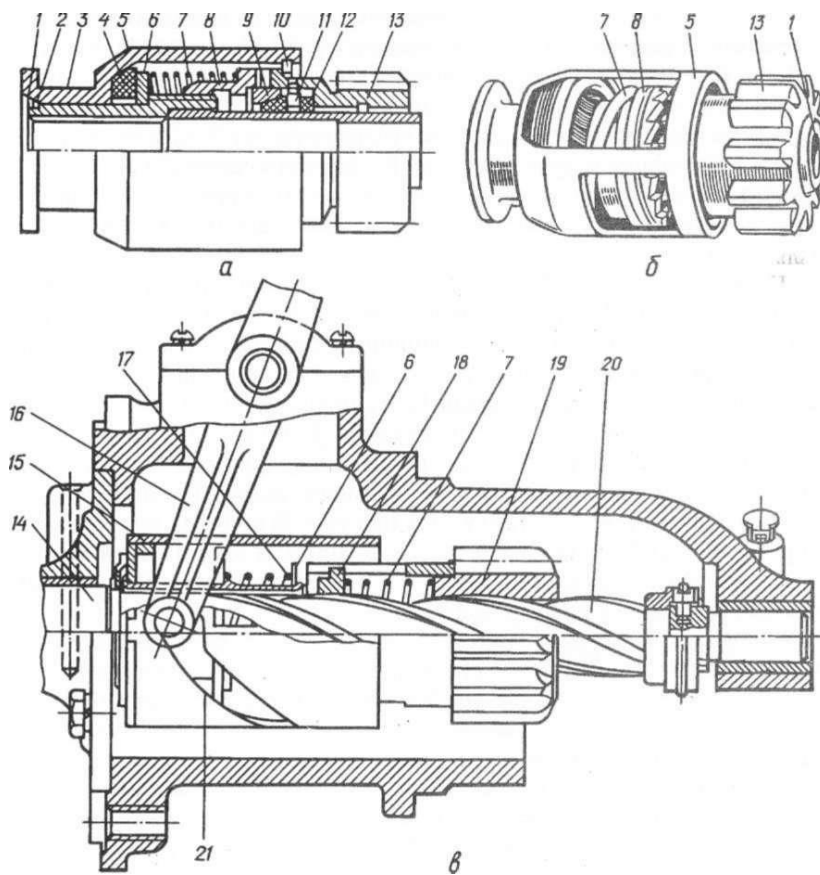


Рис. 2.11. Типи приводів стартерів дизельних двигунів (стартер СТ-142):  
 а - розріз; б - загальний вигляд приводу з храповою муфтою; в - привод стартера СТ-103: 1 - напрямна втулка; 2, 10- замкові кільця; 3 - втулка відведення (виготовлена як єдине ціле з корпусом); 4 - гумове кільце; 5 - корпус; б - сталевая шайба; 7- пружина; 8 - ведуча півмуфта; 9 - конусне кільце; 11 - штифт; 12 - сухар; 13- ведена півмуфта; 14- вал якоря; 15 - стакан; 16- важіль; 17 - буферна пружина; 18 - гайка; 19 - шестірня; 20 -упорне кільце; 21 - спіральний паз

Під час пробуксовування ведуча половина 8 храпової муфти відсувається від веденої 13, стискаючи пружину 7. Разом із нею відсувається й кільце 9, звільняючи сухарі 12, які під дією відцентрових сил переміщуються вздовж штифтів 11 і блокують муфту в розщепленому стані. Після вимикання стартера ведуча половина 8 храпової муфти під дією пружини 7 притискується до веденої 13 і кільце 9 повертає сухарі 12 у початковий стан.

Хоча шестірня стартера й упирається в зубці вінця маховика, проте корпус 5 приводу разом із напрямною втулкою 1 переміщуються далі вздовж прорізів вала стартера, стискаючи пружину 7. Стрічкова різьба втулки 3 примушує ведучу половину 8 і шестірню стартера повертатися (до  $30^\circ$ ), забезпечуючи її зачеплення з вінцем маховика. Храповий привод допускає до 5% упорів шестірні стартера у вінець маховика від загальної кількості вмикань.

На рис. 2.11, в зображено механізм приводу стартера СТ-103 дизельних двигунів ЯМЗ. На спіральних шліцах вала якоря 14 поставлено гайку 18 і шестірню 19. Гайка двома зовнішніми виступами входить у поздовжні пази

хвостовика цієї шестірні, а між ними розміщено пружину 7. На вал якоря вільно насаджено стакан 15 зі спіральним пазом 21. На опорній втулці стакану розміщено буферну пружину 17 і шайбу 6.

Хід шестірні на валу обмежує упорне кільце 20. Коли стартер увімкнено, тягове реле діє на важіль 16 і переміщає стакан 15, опорна втулка якого натискає на ведучу гайку 18 і підсуває її разом із шестірнею до упорного кільця 20. Коли зубці шестірні упруться в зубці вінця маховика, ведуча гайка 18 стисне пружину 7 і поверне шестірню 19, бо шліци в останній ширші, ніж на валу якоря 14.

У початковий момент пуску двигуна стакан 15 повертається завдяки тертю і спіральним пазом 21 повертається назад у початковий стан, звільняючи місце для відходу шестірні. Коли двигун буде пущено, вінець маховика почне обертати шестірню стартера, і вона, переміщуючись по спіральних шліцах, відійде у початковий стан.

Для кожного двигуна і заданих умов пуску існують оптимальні передатні числа приводу від стартера до двигуна. Проте для безредукторної передачі цей параметр може бути не більше 16, що обмежується умовами механічної міцності ведучої шестірні стартера.

З іншого боку, збільшення передатного числа дає змогу зменшити розміри і відповідно масу електродвигуна стартера, оскільки параметри змінюються обернено пропорційно частоті обертання.

В останні роки одним із головних напрямів вдосконалення систем пуску є зменшення маси активних матеріалів, ціна яких становить близько 50% собівартості стартера. При цьому, крім заміни мідних проводів обмоток на більш легкі алюмінієві і зменшення габаритних розмірів за рахунок застосування ізоляції більш високого класу теплостійкості, все більше почали застосовуватись високооборотні малогабаритні стартерні електродвигуни з вмонтованим редуктором.

Відомо, що маса стартера залежить від його потужності. Тому перевага стартера з редуктором виявлятиметься вже з потужності приблизно 1 кВт. Для малопотужних стартерів застосування редукторів не скорочує загальної маси стартера, а тому більш доцільно застосовувати саме привод.

У конструкціях стартерів із редуктором між якорем електродвигуна й шестірнею, що міститься на вихідному валу стартера, монтується редуктор, який знижує частоту обертання в 3-4 рази. При цьому частота обертання якоря електродвигуна може бути підвищена до 15000-20000 хв<sup>-1</sup> в режимі холостого ходу. Конструктивно редуктори виготовляються простими рядними із зовнішнім і внутрішнім зачепленнями, а також планетарні.

#### **4. Планетарний редуктор Джемса**

Найбільш перспективним є планетарний редуктор Джемса (рис. 2.12). Його перевагою є симетричність зусиль, що передаються, компактність, високий ККД.



Переваги конструкцій стартерів із редукторами: малі розміри та маса електродвигуна; зменшення навантаження на акумуляторну батарею при пуску ДВЗ завдяки застосуванню електродвигуна з малим моментом; підвищення можливості пуску (пускової кількості обертів) при низьких температурах; зниження вихідної потужності при малих навантаженнях. **Недоліки цих стартерів:** більш важкі умови роботи муфти вільного ходу; підвищений шум і важкі умови роботи щітково-колекторного вузла. Тому паяння з'єднань у головних колах замінюється зварюванням, застосовується більш міцна ізоляція обмоток якоря, проводиться точне балансування деталей, що обертаються.

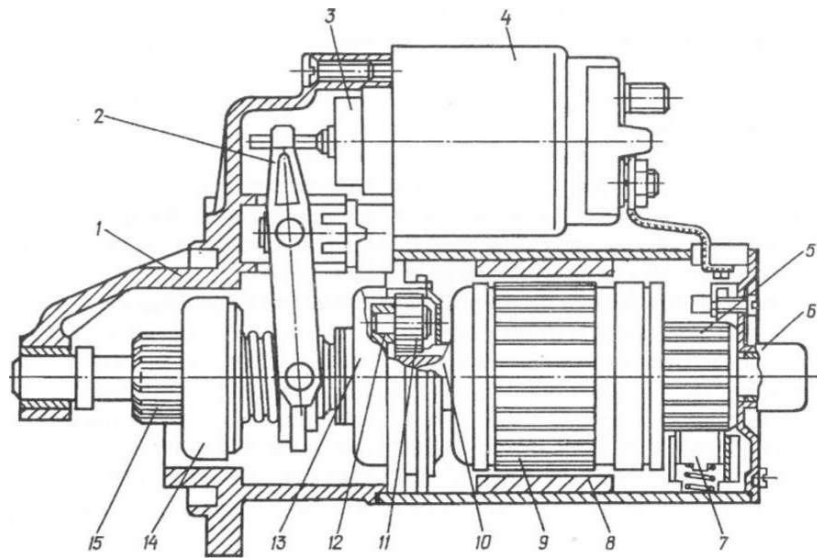


Рис.2.12. Конструкція стартера з планетарним редуктором і збудженням від постійних магнітів: 1 - передня кришка; 2 - приводний важіль; 3 - якор тягового реле; 4 - тягове реле; 5 - колектор електродвигуна; 6 - корпус підшипника; 7 - щітка; 8 - постійні магніти; 9 - якор; 10- первинний вал і ведуча шестірня редуктора; 11-зубчасте колесо-сателіт; 12 - водило; 13 - нерухоме центральне зубчасте колесо з внутрішнім зачепленням; 14 -муфта вільного ходу; 15 - шестірня приводу