

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ**

Конспект лекцій з дисципліни
ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ
(для підготовки молодших бакалаврів 1 курсу спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання)
Частина 2

СУМИ – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра „Тракторів, сільськогосподарських машин
та транспортних технологій

Конспект лекцій з дисципліни
ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ
(для підготовки молодших бакалаврів 1 курсу спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання)
Частина 2

СУМИ – 2022

ББК 40.72

УДК 631.37

Укладачі: д.т.н., доцент Зубко В.М.

ст. викладач Сасенко А. В.,

асистент Шелест М.С.

Конспект лекцій з дисципліни Енергетичні засоби для підготовки молодших бакалаврів 1 та 2 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання. Частина 2.— Суми: СНАУ, 2022. – 78 с.

Конспект лекцій містить опис будови і принципу роботи тракторів і автомобілів.

Рецензенти:

Кандидат технічних наук, доцент кафедри „Експлуатація машин” – Саржанов О.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри „Тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій ” – Руденко В.А..

Відповідальний за випуск: Завідувач кафедрою тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій Зубко В.М.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету СНАУ (Протокол № 4 від 31 січня 2022 р.)

© Сумський національний аграрний університет, 2022 р.

Зміст

№ з/п	Тема лекції	Години	Стор.
1.	Системи електроживлення. Системи запалювання.	2	5
2.	Система пуску двигуна. Системи освітлення, сигналізації і контролю.	2	23
3.	Техніко-експлуатаційні властивості енергетичних засобів.	2	32
4.	Тепловий розрахунок двигуна.	2	43
5.	Характеристики автотракторних двигунів.	2	49
6.	Трансмісії. Зчеплення.	2	58
7.	Коробки передач.	2	70
		14	

ТЕМА 1: СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ. СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ.

Питання

1. Акумуляторні батареї.
 2. Генераторні установки.
 3. Призначення, класифікація, будова та робота систем запалювання.
 4. Контактна система батарейного запалювання.
 5. Контактно-транзисторна система запалювання.
 6. Безконтактні системи запалювання.
1. *Конспект лекції.*

АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ.

Акумуляторні батареї на тракторах і автомобілях призначені для живлення електричним струмом стартера під час пуску двигуна та інших споживачів (освітлення, система запалювання, звукова сигналізація тощо) при непрацюючому двигуні, а також коли двигун працює з низькою частотою обертання і потужність генератора недостатня для живлення підключених електроспоживачів.

Акумуляторні батареї є електрохімічними джерелами струму, в яких під час заряджання електрична енергія від зовнішнього джерела струму використовується на утворення хімічних сполук, а під час розряджання хімічна енергія перетворюється на електричну в результаті переходу хімічних сполук у їх початковий стан. Залежно від компонентів, що беруть участь в електрохімічних процесах, акумулятори поділяють на **лужні кислоти**.

Для живлення систем електрообладнання машин, тягових двигунів електромобілів, а також спеціальної апаратури, встановленої на автомобілях, зокрема ГАЗ-66, застосовують **лужні акумулятори** срібно-цинкові (СЦ), кадмієво-нікелеві (КН) та залізо-нікелеві (ЗН), у яких електролітом є розчин гідроксиду калію (КОН) або натрію (NaOH) у дистильованій воді з можливим добавлянням гідроксиду літію (LiOH). Активною масою негативних електродів кадмієво-нікелевих та залізо-нікелевих акумуляторів є губчастий кадмій або губчасте залізо, а позитивного — гідроксид нікелю (III) Ni(OH)_3 або гідроксид нікелю (II) Ni(OH)_2 .

Блоки пластин таких акумуляторів розміщені в металевому корпусі, заповненому електролітом. При цьому один з електродів акумулятора приєднують до корпусу, а тому під час складання акумуляторних батарей корпуси окремих банок роз'єднують.

Густина електроліту для срібно-цинкових акумуляторів на основі розчину гідроксиду калію з вмістом цинку становить $1,4 \text{ г/см}^3$; для кадмієво-нікелевих та залізо-нікелевих на основі розчину гідроксиду калію з добавлянням гідроксиду літію — $1,19\text{-}1,21 \text{ г/см}^3$ і без добавляння гідроксиду літію — $1,25\text{-}1,27 \text{ г/см}^3$, гідроксиду натрію з добавлянням гідроксиду літію — $1,1\text{-}1,12 \text{ г/см}^3$.

При з'єднанні лужних акумуляторів у батареї з відповідною напругою слід враховувати ЕРС кожного акумулятора, яка дорівнює: для СЦ — 1,84 В; КН — 1,36 В і ЗН — 1,3 В.

Виготовляють також *літієві акумуляториз* органічним електролітом, ємність яких на одиницю маси в чотири рази більша, ніж ртутно-цинкових, і в 30 разів, ніж графітно-цинкових. Літієві акумулятори з неорганічним електролітом мають ще більшу питому енергію і вдвічі вищу ЕРС порівняно з кислотними акумуляторами. Такі батареї виготовляють з найлегшого матеріалу, що дає змогу створювати батареї підвищеної ємності для електромобілів. Вони забезпечують швидкість електромобіля масою 1 т до 100 км/год і подолання відстані без підзаряджання до 400 км.

Розроблені і застосовуються, зокрема, нові акумуляторні батареї з натрієво-сірчаними електродами, які мають значно меншу масу і втричі збільшують пройдений машиною шлях при живленні тягових двигунів. Акумулятор починає працювати, коли іони натрію, переміщуючись крізь твердий електроліт, утворюють сульфат натрію. В результаті реакції у колі виникає електричний струм. Один акумулятор розмірами 45 x 45 мм має масу 100 г і енергетичну потужність 20 Вт • год, що в 5-6 разів більше від енергетичної потужності свинцево-кислотного акумулятора.

Для приведення в дію транспортних машин та технологічного обладнання можливе застосування *ядерних джерел енергії* на основі ядерних реакторів та радіоізотопних генераторів. У ядерному реакторі за рахунок керованої реакції розпаду урану-235 одержують теплову енергію, яка за схемою ядерний реактор — котел-паро-утворювач — турбіна — генератор перетворюється на електричну енергію. При цьому забезпечуються велика їх енергоємність і тривалий термін служби.

Проте конструктивні рішення та експлуатаційні вимоги, спрямовані на забезпечення безпеки людини та навколишнього середовища щодо іонізуючого випромінювання і можливих радіоактивних забруднень як за нормальних умов, так і в разі дорожньої аварії, поки що обмежують широке використання цих джерел живлення для мобільних машин.

Радіоізотопні джерела живлення використовують енергію радіоактивного розпаду нукліда плутонію-238, що дає змогу одержати теплоту і, отже, електроенергію. Розроблені також атомні батареї, у яких електричний струм виникає внаслідок упорядкованого руху електронів прямого розпаду, без звичайного теплоенергетичного циклу (ядерний реактор — котел-пароутворювач — турбіна — генератор) з громіздким обладнанням. За енергоємністю атомні батареї в сотні разів перевищують звичайні хімічні батареї такої самої маси, а тривалість їх роботи становить 5-10 років. Використовують також принцип перетворення на електричний струм теплоти, що виділяється радіоактивними ізотопами, за допомогою напівпровідникових приладів.

Струм атомних батарей ще незначний і недостатній для живлення тягових електродвигунів, тому їх застосовують для живлення контрольно-вимірювальних приладів, електричних годинників, радіоприймачів тощо.

Електростатичні джерела живлення(конденсатори) нагромаджують електроенергію під час їх заряджання від високовольтного випрямляча напругою 220-1200 В або від, акумуляторної батареї напругою 12-24 В через високовольтний транзисторний перетворювач. Заряджений конденсатор є джерелом живлення приладів автотракторного електрообладнання, в тому числі й стартера. При цьому зворотне перетворення високої напруги на низьку здійснюють за допомогою тиристорного перетворювача.

Поєднання конденсаторного джерела живлення зі звичайним генератором і акумуляторною батареєю дає змогу зменшити масу останньої в 5-6 разів. Наприклад, замість стандартної акумуляторної батареї (6СТ-55 А) масою 18,3 кг і місткістю 10 л можна застосувати малогабаритну батарею від мотоцикла масою 3,5 кг і об'ємом 1,5 л.

Для пуску двигуна стартером використовують енергію конденсатора, який заряджається від акумуляторної батареї через високовольтний перетворювач. Отже, зменшується маса машини і витрата свинцю на виготовлення акумуляторних батарей великої ємності.

На сучасних тракторах і автомобілях застосовують переважно **свинцево-кислотні акумуляторні батареї**, як хімічне джерело електричного струму багаторазової дії. Електричний потенціал батареї поновлюється через її заряджання від генератора, ввімкненого паралельно в електромережу.

Найінтенсивнішим режимом роботи свинцево-кислотної акумуляторної батареї є живлення стартера під час пуску двигуна, коли сила струму залежно від його потужності досягає 1500 А і більше. Звідси такі батареї називають **стартерними**, вони здатні давати великий струм при незначному спаді напруги.

Акумуляторні батареї формують переважно з шести послідовно з'єднаних акумуляторів з номінальною напругою 2 В кожний. Вони бувають:

- звичайної конструкції — в моноблоці з перемичками над кришкою (рис. 1, а);
- батареї в моноблоці із загальною кришкою і міжелементними перемичками під кришкою (див. рис. 1, б, в);
- батареї (умовно необслуговувані) із загальною кришкою, які не потребують особливого догляду в період експлуатації (див. рис. 1.1, г).

Свинцево-кислотний акумулятор звичайної конструкції складається з моноблока 2, розділеного перегородками для окремих акумуляторів і виготовленого з кислотостійкої пластмаси або ебоніту. Дно бака має призматичні ребра 1, на які спираються пластини. В проміжках між цими ребрами в процесі експлуатації збирається активна маса, що висипається з пластин, і вони на певний час не дають змоги замкнути різнополюсні пластини.

Зверху бак має кришку 7 з отворами для полюсних штирів 8, а також для заливання електроліту та вимірювання його рівня, який закривають пробкою 5.

Кришку бака ущільнюють кислотостійкою мастикою або закривають пластмасою.

Кожний акумулятор складається з блока позитивних 12, 15 і негативних 3, 16 пластин, відлитих у вигляді ґраток зі сплаву хімічно чистого свинцю з додаванням 6-8 % стибію, який поліпшує міцність і ливарні властивості такого сплаву.

В умовно необслуговуваних батареях до складу пластин добавляють ще кальцій, який зменшує втрати води від електролізу, в результаті чого коригувати рівень електроліту потрібно значно рідше. Можуть бути повністю необслуговувані батареї з герметичною кришкою, у яких ґратки пластин відлиті із сплаву без вмісту стибію.

Ґратки пластин заповнюють з обох боків активною масою у вигляді пасти з оксидів свинцю і сірчаної кислоти, після чого їх пресують, просушують, потім занурюють в електроліт із сірчаної кислоти та води і заряджають струмом малої сили.

У процесі заряджання під дією електричного струму сульфат свинцю вступає у взаємодію з електролітом і активна маса позитивних пластин перетворюється на пероксид свинцю PbO_2 , а на негативних пластинах залишається губчастий свинець Pb . При цьому концентрація сірчаної кислоти в електроліті підвищується і його густина збільшується. Цей процес називають *формуванням*. Після формування пластини промивають і висушують, у результаті чого в експлуатацію надходять акумулятори із сухими зарядженими пластинами.

Слід зазначити, що негативні пластини в процесі розряджання окислюються менше, тому їхні ґратки роблять тоншими, ніж позитивних. Крім того, в активну масу при виготовленні негативних пластин добавляють до 3 % розширювачів (сульфат барію, гумінова кислота, нафтова сажа тощо), які запобігають швидкому затвердінню активної маси, зменшенню прохідного перерізу пор під час експлуатації акумуляторної батареї та передчасному зниженню строку її служби.

Для збільшення терміну служби позитивні пластини виготовляють більшої товщини, ніж негативні, оскільки їх міцність у результаті окиснення ґратки під час заряджання зменшується.

Маркування акумуляторної батареї виконують на бічній поверхні бака або зовнішніх міжелементних з'єднаннях, що дає змогу встановити її технічну характеристику.

Наприклад, умовне позначення 6СТ-54ПМ показує, що така батарея складається: із шести послідовно з'єднаних акумуляторів (6); призначена для живлення стартера (СТ); номінальна ємність батареї 54 А • год при 20-годинному режимі розряджання; бак виготовлений з асфальтопекової пластмаси з кислотостійкими вставками (П), а сепаратори — з міпласту (М).

Бак виготовляють також з ебоніту (Е), поліетилену (термопласту) — Т. Якщо застосовують сепаратори з поровінілу — позначення П; комбіновані сепаратори з міпласту й скловолокна — МС; з міпору із скловолокном — РС.

Позначення ТСТ означає, що це тракторна стартерна акумуляторна батарея, має потовщені пластини і подвійні сепаратори, які підвищують її надійність. Наявність літери А означає, що батарея має загальну кришку.

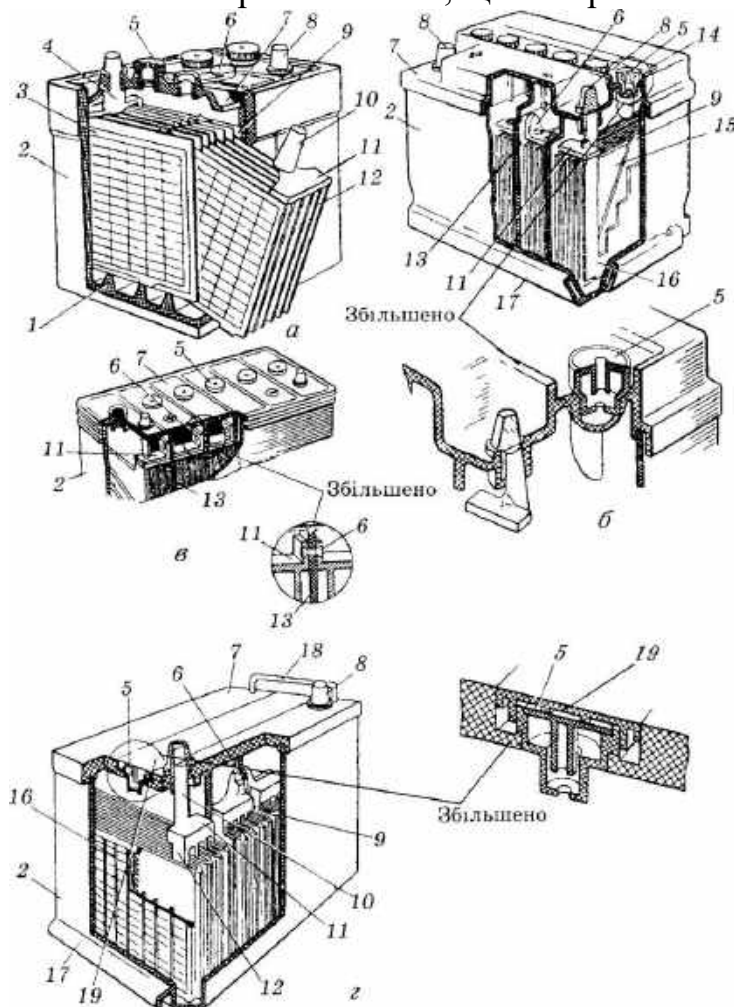


Рис. 1. Будова акумуляторних батарей:

а — із зовнішніми міжелементними з'єднаннями; б, в, г — з внутрішніми міжелементними з'єднаннями через перемички під загальною кришкою; 1 — опорні призми моноблока; 2 — моноблок; 3, 16 — негативні пластини; 4 — баретка; 5 — пробка; 6 — міжелементна перемичка; 7 — кришка; 8 — полюсний вивід; 9 — сепаратор; 10 — борн; 11 — місток; 12, 15 — позитивні пластини; 13 — перегородка моноблока; 14 — індикатор рівня електроліту; 17 — виступ моноблока; 18 — переносний пристрій; 19 — захисна ланка

Електроліт для акумуляторних батарей. Електроліт для свинцево-кислотних акумуляторних

батарей виготовляють із сірчаної кислоти (ГОСТ 667—73) і дистильованої води високого рівня чистоти (ГОСТ 6709—72) в кислотостійкому (ебонітовому, керамічному, пластмасовому або свинцевому) посуді. У разі порушення цієї вимоги прискорюється саморозрядження і руйнування пластин та зменшується їхня ємність. Не рекомендується також застосування скляного посуду, оскільки він може тріснути внаслідок сильного нагрівання під час змішування сірчаної кислоти з дистильованою водою.

Під час приготування електроліту сірчану кислоту наливають тоненькою цівкою у воду, одночасно помішуючи розчин чистою скляною паличкою. Не можна наливати воду в кислоту, оскільки вода майже вдвічі легша і розтікається по поверхні кислоти, не змішуючись з нею. При цьому у верхньому шарі розчину виділяється велика кількість теплоти, електроліт розбризкується, що може спричинити опіки тіла. У разі випадкового потрапляння електроліту на тіло його слід негайно змити великою кількістю води.

Густину електроліту вимірюють денсиметром або густиноміром. Вона залежить від ступеня розрядження акумулятора та температури електроліту. На

кожні 15 °С відхилення від номінальної температури до показів денсиметра слід додавати поправку, що дорівнює 0,01 г/см³, при її збільшенні і віднімати при нижчій температурі.

У центральних районах України, де температура взимку в основному не нижча за -30 °С, густина електроліту становить 1,27 при 15 °С, а в південних районах — 1,25 г/см³. Слід врахувати, що експлуатація батареї за підвищеної густини й температури електроліту прискорює таке негативне явище, як сповзання активної маси пластин і утворення на них великих кристалів сульфату свинцю (явище сульфатації).

Хімічні процеси, що відбуваються в свинцевому акумуляторі. У процесі розряджання акумулятора (рис. 2, б) активна маса позитивних пластин перетворюється з пероксиду свинцю PbO₂ темно-коричневого на сульфат свинцю PbSO₄ коричневого кольору, а негативних — з губчастого свинцю Pb сірого на PbSO₄ світло-сірого кольору. В результаті цього густина електроліту зменшується з 1,25-1,31 до 1,09-1,15 г/см³ при повному розряджанні акумулятора, а його внутрішній опір зростає в кілька разів. Під час розряджання акумулятора в зовнішній мережі безперервно підтримується напрямлений рух вільних електронів, а в електроліті — напрямлений рух іонів між пластинами.

Для заряджання акумулятор паралельно підключають до мережі джерела струму (генератора чи випрямляча), напру́га якого більша від ЕРС батареї. При цьому клему "плюс" батареї з'єднують з позитивним виводом джерела струму, а "мінус" — з негативним.

У процесі заряджання активна маса негативних пластин (див. рис. 2, а) з PbSO₄ повертається у попередній стан — у губчастий свинець Pb, а позитивних пластин — у пероксид свинцю PbO₂ і густина електроліту збільшується. Якщо

при цьому густина електроліту перестане збільшуватись, —

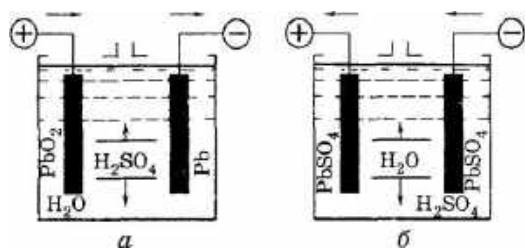


Рис. 2. Схема роботи свинцево-кислотного акумулятора:

а — заряджання; б — розряджання

це ознака закінчення процесу заряджання батареї. У разі продовження заряджання акумулятора відбуватиметься лише розщеплення води на водень і кисень, які виділяються з електроліту, — створюється ефект "кипіння".

Характеристики свинцевого акумулятора. Основні електричні характеристики стартерних акумуляторів — це електрорушійна сила (ЕРС), внутрішній опір, напруга на клемі, ємність і коефіцієнт електровіддачі. Якщо акумулятор перебуває в стані спокою, **електрорушійна сила** його майже не залежить від ступеня розряджання пластин, однак істотно залежить від густини електроліту і незначно — від його температури.

ЕРС обчислюють за формулою: $E_0 = 0,84 + \gamma_e$, де γ_e — густина електроліту за температури 15 °С.

Густина електроліту залежно від стану акумулятора може становити від 1,09 до 1,27 г/см³, тому ЕРС спокою дорівнює відповідно 1,93-2,15 В.

Внутрішній опір акумулятора залежить від розміру та кількості пластин, віддалі між ними, пористості сепараторів, густини й температури електроліту і перебуває в межах 0,01-0,015 Ом при зарядженому акумуляторі. В процесі розрядження акумулятора густина і провідність електроліту зменшуються, що призводить до зростання його внутрішнього опору до 0,02 Ом. Величина внутрішнього опору акумулятора впливає на максимальну силу струму під час пуску двигуна стартером.

Напруга на клеммах батареї залежить від її внутрішнього опору і величини розрядного чи зарядного струму. Її визначають, наприклад, під час розрядження за формулою:

$$U_P = E_P + I_P r_B = I_P R,$$

де E_P — ЕРС батареї під час розрядження; I_P — розрядний струм; r_B — внутрішній опір акумуляторної батареї; R — опір зовнішнього навантаження.

Напруга зовнішнього джерела струму на клеммах акумулятора під час заряджання U_3 повинна перевищувати ЕРС на величину внутрішнього спаду напруги ($I_3 r_B$), тобто

$$U_3 = E_3 + I_3 r_B,$$

де I_3 — зарядний струм.

Ступінь розрядження акумулятора визначають за величиною напруги шляхом випробування під навантаженням упродовж 5 с за допомогою навантажувальної вилки із зовнішніми чи акумуляторного пробника з внутрішніми міжелементними з'єднаннями акумуляторної батареї.

Ємність акумулятора і батареї в цілому — це кількість електроенергії в ампер-годинах, яку можна одержати від повністю зарядженої батареї під час безперервного розрядження струмом постійної величини до певної межі.

Ємність обчислюють за формулою

$$C_p = I_p t_p,$$

де I_p — розрядний струм, А; t_p — тривалість розрядження, год. Ємність акумулятора залежить від таких основних чинників: кількості пластин і пористості активної маси; сили розрядного струму; температури і густини електроліту; хімічної чистоти матеріалів, з яких виготовлені пластини і електроліт; тривалості роботи пластин.

Залежно від режиму розрядження ємність поділяють на *номінальну* і *стартерну*. Номінальну ємність визначають у режимі 20-годинного розрядження до напруги 1,75 В за середньої температури електроліту 25 ± 2 °С та початкової його густини 1,285 г/см³ розрядним струмом $I = 0,05 C_{20}$. Стартерну ємність визначають за температур $+30$ °С та -18 °С. При цьому розрядний струм має бути втричі більшим від номінальної ємності батареї.

Коефіцієнт електричної віддачі характеризує ступінь можливого використання електроенергії, яку отримує акумулятор під час заряджання. Його можна визначити співвідношенням ампер-годин під час розрядження та заряджання, тобто $k = I_p t_p / I_3 t_3$

де I_p і I_z — відповідно розрядний і зарядний струми; t_1 і t_3 — тривалість розрядження і зарядження.

Абсолютна величина коефіцієнта електровіддачі перебуває в межах 0,75-0,85.

ГЕНЕРАТОРНІ УСТАНОВКИ

Генератор на тракторі чи автомобілі — це основне джерело живлення споживачів електричної енергії (крім стартера), включаючи зарядження акумуляторної батареї при працюючому двигуні.

Основними вимогами до генераторних установок є:

підтримувати постійну за величиною напругу в мережі за змінних швидкісних і навантажувальних режимів роботи генератора;

надійно працювати в широкому діапазоні частоти обертання колінчастого вала;

здатність витримувати перевантаження (до 50%);

мінімальна маса і вартість за достатньо тривалого терміну експлуатації.

Генератори, у яких магнітний потік в статорних обмотках змінюється за значенням переміщенням феромагнітної маси ротора, називають **індукторними**.

Нині трактори й автомобілі комплектують індукторними генераторними установками змінного струму з електромагнітним збудженням. При цьому за конструкцією вони бувають: з рухомою і нерухомою обмоткою збудження, а відповідно, з контактними щітками та кільцями і безконтактні; трифазні і п'ятифазні; зі з'єднанням фазових обмоток статора за схемою "зірка" або "трикутник" тощо.

Генератори постійного струму застосовують нині досить рідко і лише на застарілих марках машин. Заміна таких генераторів на генератори змінного струму відбулася завдяки простішій будові, надійності та довговічності останніх. Крім того, за однакової потужності вони менші за розмірами, розвивають номінальну напругу на менших обертах ротора, раніше відключають акумуляторну батарею від споживачів і розпочинають її зарядження.

Оскільки для зарядження акумуляторної батареї потрібно мати постійний струм, генератори змінного струму обладнують блоком випрямлячів.

Для підтримання заданої величини напруги за різної частоти обертання ротора і навантаження генератора використовують регулятори напруги різної конструкції. На останніх модифікаціях тракторів і автомобілів установлюють генератори змінного струму з вмонтованими безпосередньо в його корпус випрямлячами та інтегральними регуляторами напруги.

Комплект генератора з блоком випрямлячів і регуляторами напруги називають генераторною установкою змінного струму.

Генератори з рухомою обмоткою збудження. Принципова схема генератора змінного струму з рухомою обмоткою збудження зображена на рис. 3. Трифазна напруга індукується у фазових

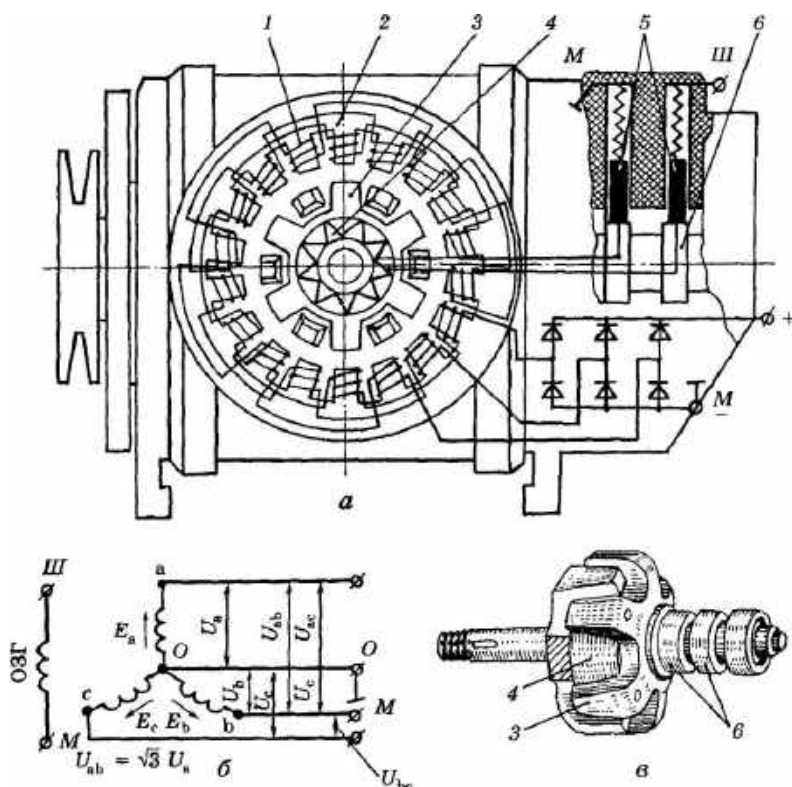


Рис. 3. Схема генератора з рухомою обмоткою збудження: а — принципова схема; б — електрична схема; в — ротор; 1 — обмотка котушок статора; 2 — статор; 3 — полюси ротора; 4 — обмотка збудження; 5 — щітки; 6 — , контактні кільця

обмотках 1 статора 2 при перетинанні їх змінним магнітним полем,) що створюється електромагнітом ротора 3.

Статор складають з пластин електротехнічної сталі і в його пази вкладають 18 фазових обмоток

(генератор Г250 автомобілів типу ГАЗІ і ЗІЛ), які розподіляють на три фази і з'єднують між собою за схемою "зірка". Один кінець усіх фаз з'єднують між собою і виводять окремим (нульовим) проводом на клемну коробку генератора або ізолюють у самому генераторі, другий кінець проводу кожної фази приєднують до блока випрямлячів. Статор і фазові обмотки закріплюють між передньою і задньою кришками, у підшипниках яких обертається ротор

Автомобільні генератори змінного струму залежно від потужності випускають з 18, 36 і 72 котушками, які утворюють три фази. Фази на генераторах більшої потужності можна з'єднувати трикутником або подвійною зіркою, що дає змогу зменшити товщину дроту і вартість виготовлення.

Ротор — це вал, на який напресовані два магнітопроводи з дзюбоподібними наконечниками та втулкою з обмоткою збудження, що утворюють 12-полюсний магніт. Обмотка збудження 4 через клеми П і М, контактні мідно-графітові щітки 5 і кільця 6 живиться постійним струмом від акумуляторної батареї. Ротор приводиться в рух від колінчастого вала через шків клинопасовою передачею. Для охолодження генератора на валу ротора разом зі шківом встановлюють крильчатку вентилятора.

Якщо контакти вимикача запалювання замкнуті, струм від акумуляторної батареї надходить в обмотку збудження ротора і намагнічує його. При цьому сусідні полюсні наконечники ротора намагнічуються різнойменними полюсами. Під час обертання ротора мимо кожного виступу статора по чергово проходить північний і південний полюси електромагніта. Нерухомі фазові обмотки перетинаються змінним магнітним потоком як за величиною, так і за напрямком, і у витках обмоток індукується змінна електрорушійна сила.

Змінний струм генератора перетворюється на постійний випрямлячем, складеним за трифазною двопівперіодною схемою на шести силіцієвих (кремнієвих) діодах (вентильях) прямої і зворотної полярності. У діодах прямої полярності корпус — це катод, а анодний провід виведений через ізолятор в електромережу, у діодах зворотної полярності — навпаки. Діоди прямої і зворотної полярності не взаємозамінні. З метою запобігання пробією діодів внаслідок їх перегрівання їх запресовують у шини з інтенсивним тепловідведенням.

Електрорушійна сила, що індукується у фазових обмотках генератора змінного струму, прямо пропорційна частоті обертання ротора і величині магнітного потоку збудження, що перетинає котушки статора. На холостому ходу двигуна при недостатніх обертах для самозбудження генератора він збуджується від акумуляторної батареї. Тоді його напруга дорівнює ЕРС зовнішнього джерела збудження і становить

$$U = E = C_e \omega \Phi,$$

де C_e — сталий коефіцієнт для даного типу генератора; ω — кутова частота обертання ротора; Φ — магнітний потік збудження.

Зі збільшенням електронавантаження напруга генератора зменшується на величину спаду напруги в статорі:

$$U = E - IR_{cm} = C_e \omega \Phi - IR_{cm}$$

Оскільки в процесі роботи генератора оберти ротора залежать від частоти обертання колінчастого вала, підтримувати постійну напругу генератора на різних режимах його роботи можна, змінюючи магнітний потік в обмотці збудження (Φ) включенням у мережу живлення на короткий проміжок часу додаткових резисторів, а також збільшуючи частоту обертання чи зменшуючи навантаження.

Характерним для таких генераторів є самообмеження сили максимального струму, що йде споживачам, а тому немає потреби додатково встановлювати в ньому його обмежувач, як це мало місце раніше в генераторних установках постійного струму. Самообмеження здійснюється завдяки спеціальному підбору обмоток статора, в яких у разі підвищення частоти змінного струму пропорційно частоті обертання ротора збільшується індуктивний опір. Одночасно в котушках статора зі збільшенням навантаження зростає власний магнітний потік, спрямований проти магнітного потоку ротора, і тим самим зменшує величину магнітного потоку, що перетинає обмотки статора.

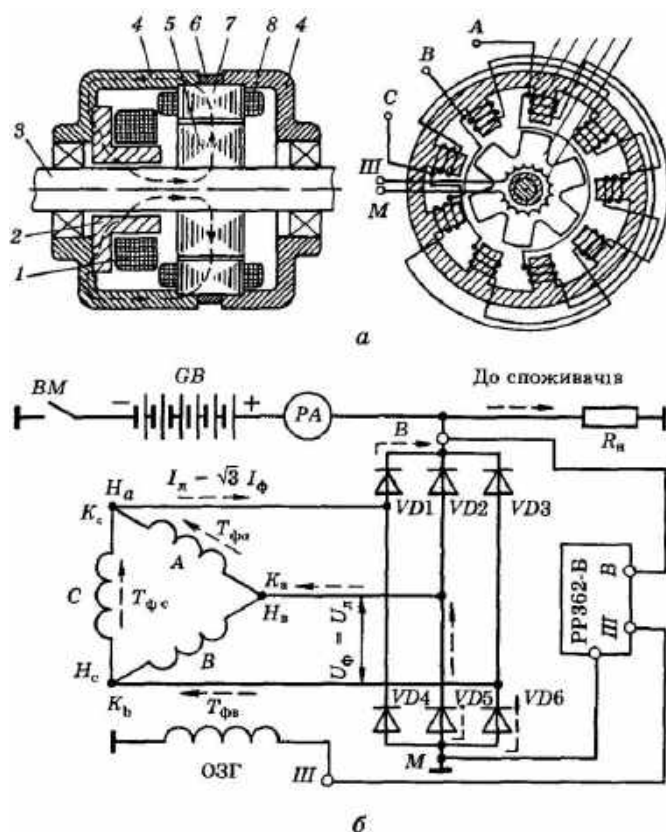
Безконтактні індукторні генератори. Схему трифазного безконтактного генератора з нерухомою обмоткою збудження зображено на рис. 4. Змінна ЕРС утворюється в обмотках статора 8 при перетинанні їх витків шестипроменевим ротором 5, який намагнічується обмоткою збудження 1. Промені ротора обертаються поблизу обмотки збудження, яка встановлена нерухомо на втулку 2, закріплену в кришці 4 генератора, і живиться від акумуляторної батареї через клеми Ш і М.

Під час обертання ротора магнітний потік змінюється від максимального (коли промінь ротора знаходиться навпроти виступу статора) до мінімального (коли навпроти виступу статора знаходиться виїмка ротора). Таким чином максимальний магнітний потік одночасно досягається в трьох котушках, розміщених під кутом 120° , у трьох інших котушках магнітний потік спадає, у наступних трьох — зростає, тобто в трьох групах котушок в один і той самий період часу індукується різна за величиною електрорушійна сила.

Котушки однієї фази з'єднують між собою послідовно, а фази — за схемою "трикутник". На автомобілях, де встановлюють генератори меншої потужності, широко застосовують з'єднання фаз зіркою. На кожній фазі встановлюють напівпровідникові випрямлячі (вентилі), з'єднані за трифазною двопівперіодною схемою. Вентилі на кожному плечі випрямного мосту працюють по черзі. Для моменту часу, еквівалентного синусоїді 90° , напруга на фазі А позитивна, а на фазах В і С — негативна, тому струм до споживачів проходить через вентиль VD1 позитивної полярності і два вентилі VD5 та VD6 негативної полярності.

До мережі споживачів генератора паралельно підключена акумуляторна батарея, але вентилі пропускають струм до неї лише у разі, коли фазна напруга перевищує напругу батареї. Одночасно вентилі випрямляча захищають статорні обмотки від струму акумуляторної батареї.

Для прикладу можна розглянути будову генератора Г304-Б1, який є уніфікованим і застосовується на багатьох тракторах. Це трифазна безконтактна індукторна електромашина з двобічним електромагнітним збудженням і вмонтованим випрямним блоком (рис. 5). Він складається із статора 10, виготовленого з окремих пластин електротехнічної сталі, ізолюваних одна від



одної, і має дев'ять рівномірно розміщених виступів. На кожне осердя статора надіта котушка. Котушки сполучені між собою послідовно по три і утворюють три фази обмоток статора, які, в свою чергу, з'єднані за схемою "трикутник". Кінці фазових обмоток приєднані до діодів випрямляча,

Рис. 4. Схема безконтактного індукторного генератора:

а — конструктивна схема; б — електрична схема з'єднання генератора з блоком випрямлячів, реле-регулятором, акумуляторною батареєю і споживачами; 1 — обмотка збудження; 2 — втулка; 3 — вал ротора; 4 — передня і задня кришки генератора; 5 — ротор; 6 —

статор; 7 — зубці статора; 8 — обмотка котушок статора

розміщеного в спеціальному корпусі 9, прикріпленому до передньої кришки генератора. Ротор генератора 4 — це шестипроменева зірочка, виготовлена з пакета електротехнічної сталі і напресована на вал 5. Обмотки збудження 2 встановлені на сталні втулки в кришках 3, 6, і початок кожної котушки припаяний до втулки, а кінці виведені на клему Ш.

Із зовнішнього боку до передньої кришки прикріплений блок 9 з шістьма вентилями — три прямої і три зворотної полярності. До задньої кришки прикріплена колодка з вивідними клемми В, Ш та М для постійного струму, а також панель з додатковими вивідними клемми змінного струму з позначкою "-", який застосовують для живлення окремих споживачів, блокувальних реле тощо. Зокрема, з цих клем струм подається до реле вмикання стартера, яке після пуску двигуна забезпечує його блокування, навіть коли водій триматиме вимикач у положенні "Пуск".

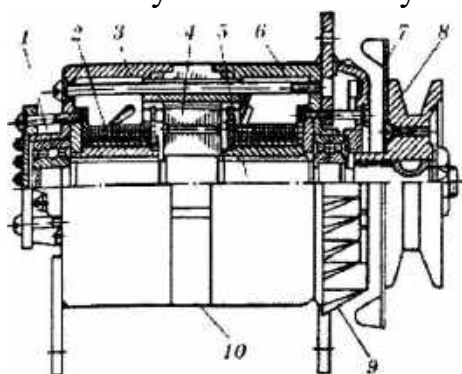


Рис. 5. Генератор змінного струму з нерухомими обмотками збудження Г304-Б1: 1 — підшипник; 2 — обмотка збудження; 3 — задня кришка; 4 — ротор; 5 — вал ротора; 6 — передня кришка; 7 — вентилятор; 8 — шків; 9 — корпус випрямляча; 10 — статор.

ПРИЗНАЧЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЯ, БУДОВА ТА РОБОТА СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ

Систему запалювання застосовують у бензинових (газових) двигунах. Вона призначена для створення високовольтного іскрового розряду між електродами свічки запалювання, розподілу цих імпульсів по свічках циліндрів відповідно до порядку їх роботи та фаз газорозподілу, частоти обертання та навантаження на двигун, а також надійного і своєчасного запалювання робочої суміші.

Система запалювання має забезпечувати такі основні вимоги:

- високу вторинну напругу з відповідним запасом у всіх режимах роботи двигуна, включаючи його пуск за низької температури навколишнього середовища та безперебійне іскроутворення (до 20 000 іскор за хвилину);
- запалювання збідненої робочої суміші, коли $\alpha = 1,1—1,2$, для забезпечення економічної роботи двигуна;
- швидкість зростання вторинної напруги має забезпечувати надійне іскроутворення, в тому числі за наявності нагару на ізоляторі свічки, що утворюється в процесі експлуатації;
- автоматичне встановлення оптимального кута випередження запалювання залежно від швидкісних і навантажувальних режимів роботи двигуна, якісних показників паливної суміші

- електронні пристрої та елементи системи запалювання повинні надійно працювати і витримувати електричні, температурні та механічні перевантаження впродовж усього ресурсу експлуатації автомобіля;

- малу токсичність випускних газів;

- не створювати перешкод радіо- і телепередачам та засобам зв'язку;

- конструкція елементів системи запалювання повинна мати мінімальні розміри і масу, низьку трудомісткість і вартість виготовлення, бути зручною для обслуговування та діагностування.

Подальше вдосконалення систем запалювання пов'язане з підвищенням вимог до двигунів, необхідністю збільшення їх економічності, зниження токсичності відпрацьованих газів, зменшення періодичності і трудомісткості обслуговування в період експлуатації.

Досягнення економічності та зниження токсичності здійснюють як шляхом збіднення робочої суміші, збільшення ступеня стиску, удосконалення камер згоряння та впускних трубопроводів, створення умов для завихрення робочої суміші, так і оптимізацією іскрового зазору у свічках, використанням режимів роботи в зонах, близьких до детонаційних, застосуванням турбонаддування тощо, що досягається через систему завалювання.

Напругу, за якої відбувається іскровий розряд між електродами свічки запалювання, називають **пробивною** (U_n). Вона залежить від величини зазору між електродами свічки, ступеня стиску, частоти обертання колінчастого вала, складу, температури й швидкості руху робочої суміші в камері згоряння в момент пробою іскрового проміжку, форми, температури та матеріалу електродів свічки.

Пробивну напругу свічки визначають за законом Пащенко:

$$U_n = f(P \delta / T),$$

де P — тиск у камері згоряння в момент іскрового пробою, δ — іскровий проміжок свічки, T — абсолютна температура середовища в камері згоряння в момент пробою.

Для орієнтовних розрахунків за рівномірної напруги електричного поля для визначення пробивної напруги часто використовують емпіричну формулу:

$$U_n = 1,36 + 115,8 P \delta / T.$$

Зі збільшенням іскрового зазору, ступеня стиску і частоти обертання колінчастого вала пробивна напруга повинна збільшуватись і зменшуватись — під час зростання температури робочої суміші. Так, для пуску двигуна зі ступенем стиску $\epsilon = 7,0 \dots 7,5$ потрібна пробивна напруга 16—18 кВ, а в його робочому режимі — 12—14 кВ; при $\epsilon = 8,5 \dots 10$ вона становить відповідно 18—20 і 13—15 кВ.

У процесі експлуатації свічок запалювання внаслідок електричної ерозії їхні електроди заокруглюються, між ними збільшується зазор, впродовж роботи двигуна постійно змінюється склад робочої суміші, а тому для надійного її запалювання робоча напруга повинна перевищувати

пробивну не менш як у 1,5 рази. . Процес горіння робочої суміші в циліндрі двигуна відбувається впродовж певного періоду. Спочатку від іскрового розряду спостерігається приховане горіння, після якого настає період видимого горіння і в циліндрі різко підвищується тиск газів. У зв'язку з цим слід розпочинати запалювання суміші раніше від досягнення поршнем ВМТ (верхньої мертвої точки) в такті стиску і залежно від швидкісного чи навантажувального режиму встановлювати оптимальний момент запалювання з тим, щоб досягти максимальної потужності.

Кут між положенням кривошипа колінчастого вала в момент іскроутворення і ВМТ називають **кутом випередження запалювання**. У разі, коли цей кут більший від оптимального (раннє запалювання), на поршень до його приходу у ВМТ діє тиск газів, що призводить до втрати потужності, перегрівання двигуна, зниження його економічності та виникнення детонації у вигляді механічних стуків.

У разі пізнього запалювання робоча суміш активно згоряє в такті розширення і догоряє в процесі випуску, що крім втрати потужності й економічності та перегрівання двигуна зумовлює підвищення токсичності відпрацьованих газів.

Зі збільшенням частоти обертання колінчастий вал за час горіння робочої суміші проходить більший кут, що потребує автоматичного збільшення кута випередження запалювання, для чого на переривниках встановлюють відцентровий регулятор.

Зі зменшенням навантаження і за сталої частоти обертання колінчастого вала дросельна заслінка прикривається, чим погіршується наповнення циліндра свіжою сумішшю. Отже, процес її горіння подовжується, що також потребує збільшення кута випередження запалювання. Автоматичне регулювання залежно від навантаження на двигун відбувається за рахунок вакуумного регулятора.

Крім згаданих автоматичних регуляторів у системі запалювання встановлюють октан-коректор, за допомогою якого змінюють кут випередження запалювання залежно від октанового числа палива.

За конструкцією системи запалювання класифікують так :

Найпростіша **контактна (класична) батарейна система запалювання (КСЗ)** — це система з безперервним накопиченням енергії в котушці індуктивності, в якій керування і комутація струму здійснюється механічним контактним переривником.

Складнішими є **контактно-транзисторна (КТСЗ)** та **безконтактно-транзисторна системи запалювання (БТСЗ)**. Остання відрізняється від КТСЗ тим, що замість контактів тут використовують датчики імпульсів — найчастіше магнітоелектричні індукційні та датчики Холла.

Застосовують також **тиристорні системи запалювання** — з накопиченням енергії в конденсаторі. При цьому комутатором струму в первинному колі є тиристор, спосіб накопичення енергії — безперервний або

імпульсний, режим іскроутворення — одноразовий або багаторазовий, спосіб керування — контактний або безконтактний.

Існують *комбіновані системи запалювання*, коли накопичення енергії відбувається як у котушці запалювання, так і в конденсаторі, а комутація струму в котушці здійснюється відповідно транзистором і тиристором за допомогою контактів чи безконтактним способом.

На сучасних нових марках автомобілів установлюють і досконаліші *мікропроцесорні системи запалювання*, які максимально автоматично враховують інформацію про технічні параметри роботи двигуна в різних режимах його роботи. Для обробки цієї інформації, що надходить від різних датчиків, двигуни обладнують спеціальними мікро-ЕОМ, які за відповідними програмами забезпечують корекцію роботи систем як запалювання, так і живлення. Існують ще складніші конструкції системи запалювання. Так, фірма "Bosch" застосовує систему, коли кожний циліндр має свою індукційну котушку, яка керується одним з вихідних каскадів контролера. Котушка запалювання подає на свічку напругу до 32 кВ. Система дає змогу швидко змінювати кут випередження запалювання в кожному циліндрі незалежно від інших. Завдяки відсутності обертових частин робочий діапазон регулювання кута випередження запалювання збільшений приблизно на 10° і становить 59° по колінчастому валу для кожного циліндра.

КОНТАКТНА СИСТЕМА БАТАРЕЙНОГО ЗАПАЛЮВАННЯ

На автомобілях з карбюраторними двигунами застосовується система батарейною запалювання, яка призначена для запалювання робочої суміші, стиснутої в циліндрах двигуна. Запалювання робочої суміші здійснюється в кінці такту стиску електричним розрядом — іскрою, що проскакує між електродами свічки запалювання. Під час подолання іскрою зазору між електродами свічки робоча суміш, стиснута до $10 — 12 \text{ кг/см}^2$, чинить дуже великий опір. Щоб подолати цей опір, треба застосувати струм високої напруги до 20 тис. В. Утворюваний струм високої напруги розподіляється по циліндрах у певній послідовності.

Система батарейного запалювання складається із джерела струму, котушки запалювання, переривника, розподільника, конденсатора, свічки, вмикача запалювання, проводів високої і проводів низької напруги, які з'єднують прилади. Переривник і розподільник об'єднані в один прилад, який називається переривником-розподільником.

Джерелом струму на автомобілях, як уже відомо, є акумуляторна батарея і генератор. На сучасних автомобілях застосовують батарейне запалювання з однопровідною системою з'єднання джерел струму з іншими приладами, при якій другим приводом в «маса» автомобіля, тобто з'єднані між собою всі його металеві частини. Коло низької напруги живиться струмом акумуляторної батареї або генератора. Сюди послідовно ввімкнено переривник, первинну обмотку котушки запалювання з варіатором і вмикач запалювання.

До кола високої напруги ввімкнено вторинну обмотку котушки запалювання, розподільник, проводи високої напруги і свічки запалювання. Якщо ввімкнути вимикач і замкнути контакти переривника, струм низької напруги від акумуляторної батареї проходить по первинній обмотці котушки запалювання. При цьому навколо первинної обмотки утворюється магнітне поле.

Під час роботи двигуна контакти переривника розмикаються і струм у первинній обмотці зникає, а разом з ним зникає і магнітне поле. Магнітне поле, зникаючи, перетинає витки вторинної обмотки, в якій індукується струм високої напруги. Цей струм підводиться розподільником по черзі по проводах високої напруги до свічок запалювання.

КОНТАКТНО-ТРАНЗИСТОРНА СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ

Першими напівпровідниковими електронними системами батарейного запалювання з'явилися контактно-транзисторні системи. Застосування транзистора як комутуючого елемента первинного струму системи запалювання дозволило збільшити цей струм до 6-8 А с одночасним зменшенням сили струму, що проходить через контакти переривника до 0,5-1 А. У результаті підвищилися електричні характеристики системи запалювання, ресурс, надійність.

До складу контактно-транзисторної системи запалювання входить усі елементи контактної системи запалювання. За винятком: відсутній конденсатор, і додатково входить транзисторний комутатор, який виконує функції контактів переривника й представлено одним транзистором типу р-п-р включений послідовно в первинний ланцюг. Контакти переривника лише управляють роботою транзистора.

Вона полягає в основному з тих же елементів, які характерні для звичайної контактної системи батарейного запалювання. Відрізняється комутуючим елементом, який виконує функції контактів переривника. Контакти переривника лише управляють роботою транзистора. При включеному запалюванні й замкнених контактах переривника через останні на базу транзистора подається негативний потенціал, внаслідок чого транзистор відкривається й по первинному ланцюгу проходить струм: вивід «+» акумуляторної батареї — вимикач запалювання — додатковий резистор — первинна обмотка котушки запалювання — перехід емітер - колектор транзистора — маса — вивід «-» акумуляторної батареї. Невеликий струм керування транзистором від емітера йде на базу, а потім через замкнені контакти переривника — на масу й на вивід «-» акумуляторної батареї.

При розмиканні контактів ланцюг керування транзистором переривається, у наслідок чого транзистор закривається й у вторинній обмотці індукується ЕРС високої напруги, достатня для пробоя зазору між електродами свічки запалювання й запалення робочої суміші в циліндрах двигуна. Надалі при розмиканні й змиканні контактів процес повторюється.

Використання транзисторного комутатора дало можливість полегшити роботу контактів переривника, оскільки через них проходить не весь струм

первинного ланцюга, а лише малий струм керування транзистором (до 1 А). Переривання струму в первинному ланцюзі за допомогою транзистора дало можливість підвищити вторинну напругу за рахунок збільшення струму первинного ланцюга й довговічність роботи контактів переривника.

Через контакти переривника протікає тільки струм бази транзистора, який у кілька раз менше струму емітера (струм первинної котушки запалювання).

Відмінною рисою електронних транзисторних систем запалювання є виконання котушки запалювання за трансформаторною схемою, тобто між первинної й вторинної обмотками існує тільки магнітний зв'язок і немає електричному зв'язку. Це зроблене для того, щоб відокремити ланцюг високої напруги від комутуючого транзистора й захистити його від пробоя. Із цією ж метою збільшують коефіцієнт трансформації котушок запалювання, тому що в момент закриття транзистора в первинній обмотці котушки запалювання виникає ЕДС самоіндукції, яка буде прикладена до транзистора й може пробити його.

Однак контактно-транзисторна система запалювання не позбавлена всіх недоліків, властивих контактної системі запалювання. Такі явища, як зношування контактів і кулачка, вібрація й окиснення контактів, ослаблення пружності пружини рухливого контакту, залишаються характерними й для контактно-транзисторних систем запалювання. Тому більш перспективною є безконтактна транзисторна система запалювання, у якій недоліки вищерозглянутих систем запалювання відсутні.

БЕЗКОНТАКТНА ТРАНЗИСТОРНА СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ.

Недоліки, пов'язані з наявністю контактів переривника, повністю усунули, застосувавши системи з безконтактним керуванням моментом запалювання та механічними автоматами регулювання кута випередження запалювання. Сигнали, що керують моментом запалювання, формуються безконтактними датчиками, які встановлюють у розподільнику замість рухомої пластини, переривника й кулачка.

Застосовують в основному два типи генераторних датчиків:

магнітоелектричний індукційний датчик, який встановлюють на автомобілях типу ГАЗ, ЗІЛ, ЛіАЗ, УАЗ. Принцип роботи такого датчика ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Він складається з нерухомої котушки з певною кількістю витків і постійного магніту, що обертається від колінчастого вала двигуна;

датчик Холла*, принцип дії якого полягає у виникненні ЕРС у напівпровідниковій пластині зі струмом, що знаходиться в магнітному полі. Магнітна система, як правило, монтується в датчик, а комутація магнітного потоку здійснюється спеціальною шторкою з магнітоелектричної сталі, механічно з'єднаною з колінчастим валом. Такі датчики встановлюють на автомобілях ВАЗ-2108, -2109, -1111, "Ока", ЗАЗ-1102 "Таврія" тощо.

Комутація струму в первинній обмотці індукційної котушки в БТСЗ здійснюється транзистором. При цьому час, впродовж якого відбувається накопичення енергії в магнітному полі, може залежати від частоти обертання

колінчастого вала двигуна (кут повороту колінчастого вала двигуна, за якого існує струм у первинній обмотці котушки запалювання, сталий і не залежить від частоти його обертання) або не залежати від неї (час накопичення енергії нормується).

2. Питання для закріплення матеріалу.

1. Які акумуляторні батареї сьогодні існують і використовуються? 2. В чому полягає перевага свинцево-кислотних акумуляторних батарей? 3. Яку будову має свинцево-кислотна батарея? 4. Із яких компонентів виготовляють електроліт для свинцево-кислотних батарей? Як контролюють співвідношення цих компонентів? 5. Які хімічні процеси відбуваються в свинцевому акумуляторі? 6. Від яких чинників залежить ємність свинцевого акумулятора? 7. Які вимоги ставляться до генераторних установок? 8. Які елементи входять до складу генераторної установки змінного струму? 9. Яку будову має генератор з рухомою обмоткою збудження? 10. В чому полягає різниця в будові між генератором з рухомою обмоткою збудження і безконтактним індукторним генератором? 11. Який принцип регулювання напруги реалізує інтегральний регулятор? 12. Від яких чинників залежить напруга генератора? 13. Які вимоги пред'являються до сучасних систем запалювання? 14. Від яких параметрів залежить пробивна напруга свічки? 15. Дайте визначення терміну „кут випередження запалювання„. 16. Як зміна кута випередження запалювання впливає на роботу двигуна? 17. Які типи систем запалювання використовують на сучасних двигунах? 18. Яка напруга подається на свічки у сучасних системах запалювання?

3. *Рекомендована література.* Л-2 С. 7-63, Л-4 С. 262-267, Л-5 С. 227-232, Л-8 С. 173-201. Л-2 С. 64-145, Л-4 С. 267-270, Л-5 С. 240-251, Л-8 С. 201-220.

ТЕМА 2: СИСТЕМА ПУСКУ ДВИГУНА. СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І КОНТРОЛЮ.

Питання

1. Умови пуску двигуна.
 2. Характеристики електричних стартерів.
 3. Призначення та будова стартерів.
 4. Системи освітлення, світлової та звукової сигналізації.
- 1. Конспект лекції.*

УМОВИ ПУСКУ ДВИГУНІВ.

Для пуску двигуна внутрішнього згоряння необхідно повернути колінчастий вал з такою частотою обертання, при якій забезпечуються гарне смесеобразование, достатню стиск і запалення суміші. Мінімальну частоту обертання колінчастого вала, при якій відбувається надійний пуск двигуна, називають пусковий. Вона залежить від виду двигуна і умов пуску.

Пускова частота обертання колінчастого вала карбюраторних двигунів повинна бути не менше 0,66 ... 0,83 (40 ... 50 об / хв), а у дизелів - 2,50 ... 4,16 (150 ... 250 об / хв). При меншій частоті пуск двигуна утруднюється, оскільки збільшується витік заряду через нещільності, внаслідок чого знижується тиск газів в кінці стиснення.

При обертанні колінчастого вала в період пуску потрібні значні зусилля, щоб подолати опору тертя рухомих деталей і стиснуваного заряду. При низькій температурі це зусилля зростає через збільшення в'язкості масла.

Розрізняють такі способи пуску двигунів: електричним стартером, допоміжним двигуном і вручну за допомогою пускової рукоятки або шнура, намотуваного на маховик пускового двигуна.

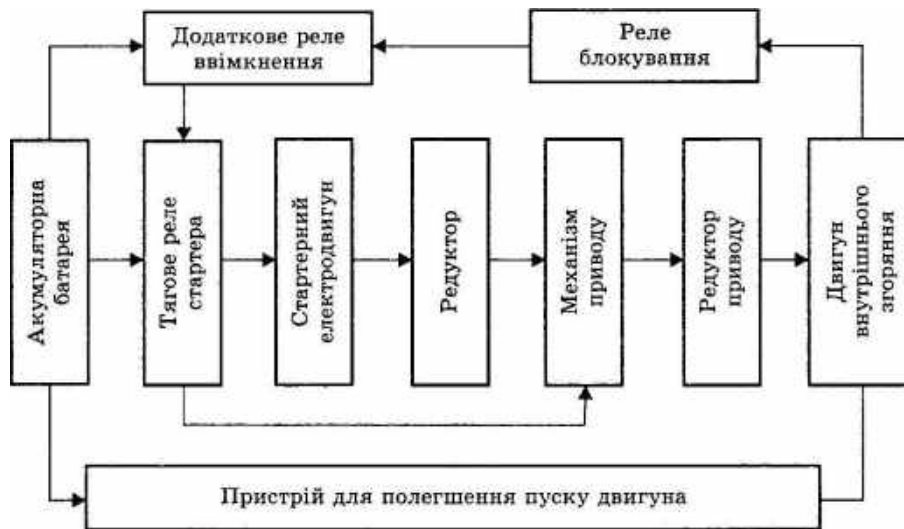
Пуск електричним стартером найбільш поширений спосіб пуску автомобільних і багатьох тракторних двигунів. Стартер зручний в експлуатації, значно полегшує роботу водія, але вимагає кваліфікованого обслуговування, має обмеженим запасом енергії, що скорочує число можливих спроб пуску двигуна.

Пуск допоміжним двигуном застосовують на деяких дизелях. Цей спосіб на відміну від перших двох надійніший в будь-яких температурних умовах, але операції при пуску складніше.

Для полегшення пуску дизелів при низькій температурі навколишнього повітря застосовують декомпресійний механізм і підігрівальні пристрою.

У більшості автотракторних двигунів управління механізмами системи пуску - дистанційне з кабіни водія. Система пуску призначена для створення оптимальних умов для розкручування колінчастого вала до пускової частоти, яка забезпечує утворення і запалювання робочої суміші. За структурною схемою системи пуску автомобільних і тракторних двигунів електричним стартером мало різняться між собою:

Структурна схема системи пуску двигуна електростартером



До складу системи пуску входять акумуляторна батарея, стартер, електрична мережа (реле, вимикачі, проводи) та пристрої, що полегшують пуск. У стартер може бути вмонтований додатковий редуктор.

Електростартер конструктивно об'єднує в собі електродвигун 14 (рис. 2), механізм приводу з муфтою вільного ходу 11 та електромагнітне тягове реле. При замиканні контактів вимикача стартера 4 або додаткового реле чи реле блокування струм подається на втягувальну 5 і утримувальну 6 обмотку. Якір 7 тягового реле переміщується до осердя електромагніта і за допомогою штока 8 та важеля 9

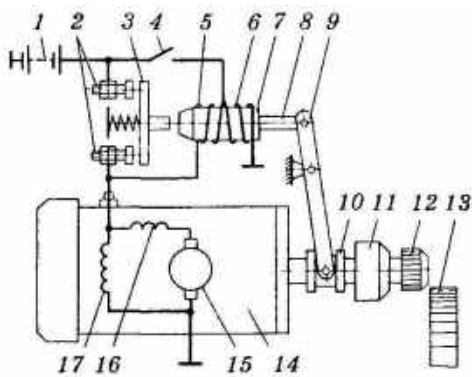


Рис. 2. Принципова схема керування електростартером:

1 — акумуляторна батарея; 2 — контактні болти; 3 — рухома контактна пластина; 4 — вимикач стартера; 5 — втягувальна обмотка тягового реле; 6 — утримувальна обмотка тягового реле; 7 — якір тягового реле; 8 — шток; 9 — важіль приводу; 10 — відводка; 11 — муфта вільного ходу; 12 — шестірня

приводу; 13 — зубчастий вінець маховика; 14 — стартерний електродвигун; 15 — якір; 16, 17 — послідовна і паралельна обмотки збудження механізму приводу вводить шестірню 12 в зачеплення з вінцем маховика. В кінці ходу якоря реле контактна пластина 3 замикає силові контакти 2 і електродвигун стартера, отримавши живлення від акумуляторної батареї, обертає колінчастий вал двигуна. При цьому втягувальна обмотка шунтується рухомою контактною пластиною і в тяговому реле працює лише одна утримувальна.

Шестірня приводу залишається в зачепленні з вінцем маховика доти, доки контакти вимикача 4 замкнуті. Обертанню якоря 15 стартера від маховика після пуску двигуна запобігає муфта вільного ходу 11. Після розмикання

контактів вимикача 4 втягувальна і утримувальна обмотки тягового реле через силові контакти 2 перемикаються послідовно і тепер створюють два однакових, але протилежно спрямованих магнітних потоки. Осердя електромагніта розмагнічується, і зворотна пружина переміщує якір 7 в неробочий стан, розмикає силові контакти 2 і виводить шестірню із зачеплення з вінцем маховика.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАРТЕРІВ

Електростартери класифікують за способом збудження електродвигуна (послідовне або змішане з'єднання обмоток збудження та якоря), конструкцією колектора (циліндричний чи торцевий), типом механізму приводу (з примусовим механічним або електромеханічним введенням шестірні в зачеплення із зубчастим вінцем маховика та її автоматичним виведенням із зачеплення після пуску двигуна), ступенем захисту від проникнення пилу й води, а також за способом кріплення на двигуні.

Стартери позначають літерами й цифрами (СТ362-А, СТ368-В, СТ142-Б і т.д.) або за нормативом ОН 025.215-69 (26.3708, 29.3708 та ін.).

Передавальне число шестерень вінця маховика і стартера, що забезпечує пускову частоту обертання, становить 8-10 для дизельних та 13-16 — для карбюраторних двигунів. Мінімальна пускова частота обертання, за якої можливий пуск, наприклад, 8-циліндрового V-подібного карбюраторного двигуна, становить близько 30 хв.⁻¹ за його температури 0 °С, а за температури мінус 30 °С — понад 80 хв.⁻¹. Пускова частота такого самого дизельного двигуна з безпосереднім впорскуванням дорівнює відповідно 80 і 170 хв.⁻¹.

Зі зниженням температури опір і пускова частота зростають, а крутний момент, що розвивається стартером, зменшується. Для полегшення пуску холодних двигунів, особливо дизельних, застосовують різні підігрівні пристрої (свічки розжарювання, електрофакельні пристрої, підігрівники) і пускові рідини.

Після пуску двигуна його частота обертання збільшується порівняно з пусковою в 10-20 разів, а якщо врахувати передавальне число вінця маховика двигуна і шестірні приводу стартера, якір останнього може отримати аварійну частоту обертання від колінчастого вала. Тому механізм приводу повинен передавати крутний момент лише в один бік — від якоря до вінця маховика — і швидко відключатись при зворотному напрямку передавання крутного моменту.

Властивості електростартерів оцінюють за електромеханічними характеристиками (рис.3), що є сукупністю залежностей напруги на клеммах стартера $U_{СТ}$, корисної потужності P_2 , частоти обертання

$P_2, кВт$

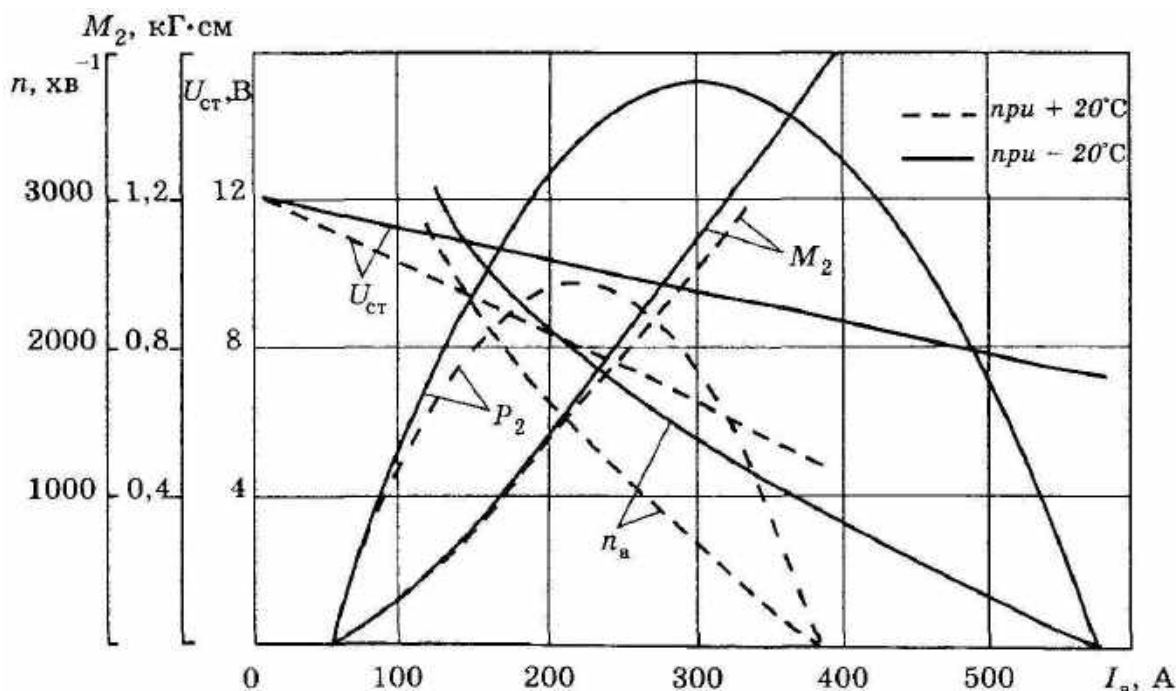


Рис. 3. Електромеханічні характеристики електростартера СТ230-А: P — потужність; M — момент; n — частота обертання якоря; $U_{ст}$ — напруга на стартері

n та крутного моменту M_2 від сили струму збудження I_a . Як видно з графіка, показники стартера залежать від номінальної ємності, технічного стану і температури акумуляторної батареї, а також від способу його збудження.

ПРИЗНАЧЕННЯ ТА БУДОВА СТАРТЕРІВ.

Стартер призначений для обертання колінчастого вала під час запуску двигуна. Стартер являє собою електродвигун постійного струму з послідовним або змішаним вмиканням обмотки збудження. Такі двигуни розвивають великий крутний момент на початку обертання якоря.

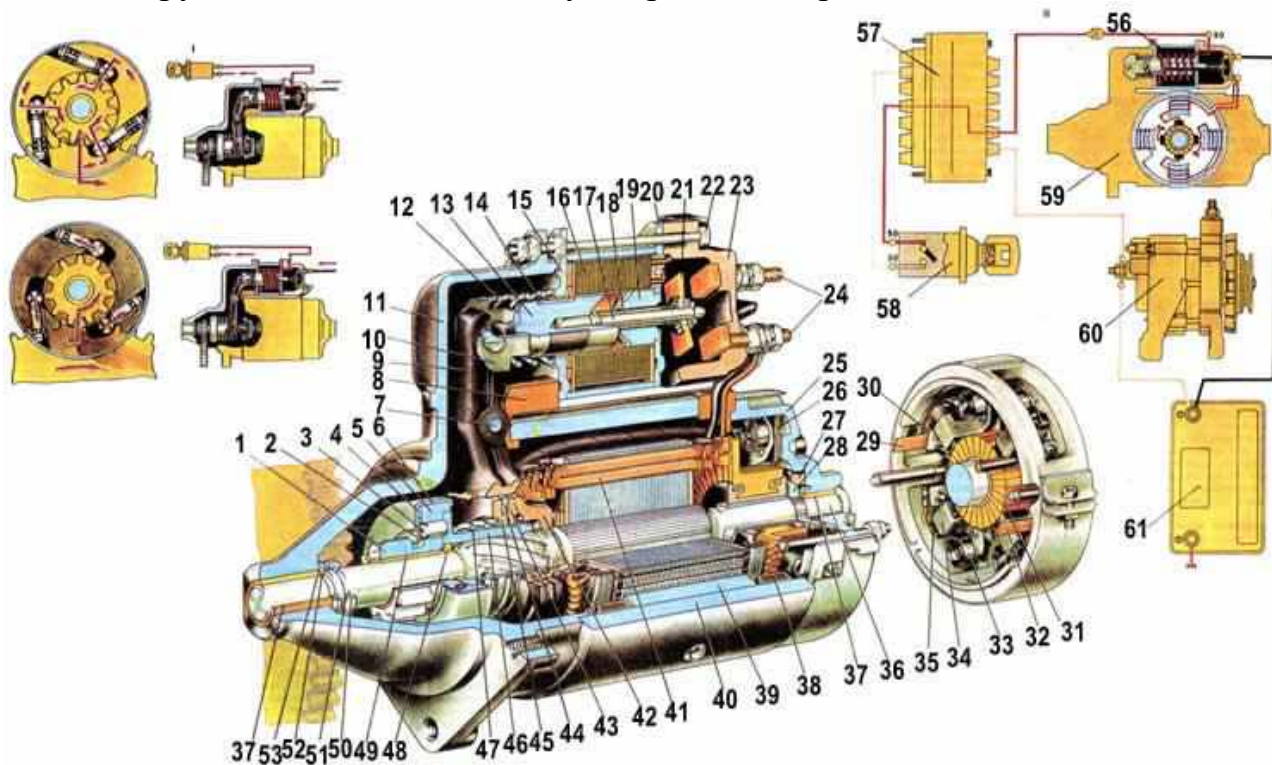


Рис 2. Стартер. 1. Шестерня приводу; 2. Упорне півкільце обгінної муфти; 3. Ролик обгінної муфти; 4. Центруюче кільце обгінної муфти; 5. Зовнішнє кільце обгінної муфти; 6. Кожух обгінної муфти; 7. Вісь важеля приводу включення шестірні стартера; 8. Ущільнювальна заглушка кришки стартера; 9. Важіль приводу включення шестірні стартера; 10. Тяга якоря реле; 11. Кришка стартера з боку приводу; 12. Поворотна пружина якоря реле; 13. Якір реле стартера; 14. Втулка; 15. Передній фланець реле; 16. Обмотка реле; 17. Стрижень якоря; 18. Втулка стрижня якоря; 19. Сердечник реле; 20. Фланець сердечника; 21. Щока каркаса обмотки реле; 22. Пружина стрижня якоря; 23. Стягуючий болт реле стартера; 24. Контактна пластина; 25. Верхній контактний болт; 26. Кришка реле; 27. Нижній контактний болт; 28. Кришка стартера з боку колектора; 29. Внутрішня ізолююча пластина позитивного щіткотримача; 30. Гальмівний диск кришки; 31. Гальмівний диск валу якоря; 32. Клема щітки стартера; 33. Колектор; 34. Пружина щітки; 35. Щіткотримач; 36. Щітка стартера; 37. Вал якоря; 38. Втулка кришки стартера; 39. Шунтова котушка обмотки статора; 40. Поліус статора; 41. Корпус стартера; 42. Обмотка якоря; 43. Обмежувач ходу вимикання шестерні; 44. Обмежувальний диск ходу шестірні; 45. Повідкове кільце; 46. Центрувальний диск; 47. Маточина обгінної муфти; 48. Буферна пружина; 49. Вкладиш маточини обгінної муфти; 50. Втулка шестерні приводу; 51. Обмежувальне кільце ходу шестірні; 52. Стопорне кільце; 53. Шайба валу якоря; 54. Регулювальна шайба осевого вільного ходу; 55. I. Схема роботи обгінної муфти; 56. II. Схема включення стартера.

У сталюму корпусі закріплено чотири сталі полюсних осердя, на кожному з яких встановлено котушку обмотки збудження. Між полюсними осердями розміщено якір, підшипниками вала якого є втулки, запресовані в отвори кришок і корпусу і пластини. В пази осердя якоря, складеного з пластин трансформаторної сталі, вмонтована обмотка, що має окремі секції, кінці яких припаяні до ізольованих одна від одної мідних пластин колектора. До колектора притиснені чотири щітки. Дві щітки ізольовані від маси, а дві інші — з'єднані з нею. Привод стартера, який передає крутний момент від якоря колінчастому валу двигуна, складається з муфти вільного ходу і шестірні. Ці деталі можна переміщати по шліцах вала якоря стартера за допомогою важеля. Тягове реле встановлюють на корпусі стартера. Воно має котушку з двома обмотками і порожнисте осердя, в яке може втягуватися сталі якір, з'єднаний сергою і пальцем з важелем приводу стартера.

Стартер кріплять болтами до картера маховика двигуна, у вікно якого входить виступаюча частина кришки корпусу стартера.

Принцип дії.

Коли водій поверне ключ у замку запалювання за годинниковою стрілкою в положення "стартер", то по обмотці додаткового реле піде струм від акумуляторної батареї, осердя реле, намагнічуючись, притягує якір і замикає контакти цього реле, в коло акумуляторної батареї вмикаються обмотки тягового реле. Магнітне поле цих обмоток втягує якір реле стартера, який

повертає важіль привода стартера на осі і переміщує муфту вільного ходу і шестірню до зчеплення останньої із зубчастим вінцем маховика. В кінці ходу якір реле стартера за допомогою контактного диска з'єднує контактні пластини(болти) внаслідок чого обмотки стартера вмикаються в коло батареї. Коли струм проходить через обмотку збудження, то між полюсними осердями стартера утвориться сильне магнітне поле, що взаємодіє з провідниками обмотки якоря, по якій також іде струм, і якір починає обертатися. За допомогою шестірні і зубчастого вінця маховика якір обертає колінчастий вал двигуна.

Як тільки двигун почне працювати і частота обертання його колінчастого вала зростатиме, вінець маховика обертатиме зчеплену з ним шестірню привода стартера з частотою, яка в кілька разів перевищує частоту обертання вала стартера. Проте обертання шестірні не передається валу якоря, оскільки муфта вільного ходу допускає вільне обертання шестірні відносно вала в напрямі обертання якоря (дає можливість шестірні обгонити вал). Для вимкнення стартера водій відпускає ключ запалювання, який під дією пружини ротора замка автоматично повертається в положення запалення. Внаслідок цього струм в обмотці додаткового реле переривається і його контакти розмикають коло обмоток тягового реле, яке в свою чергу вимикає стартер від батареї. При цьому пружина якоря втягуючого реле поверне його в початкове положення, важіль виведе шестірню із зачеплення із зубчастим вінцем маховика.

Тримати ключ замка запалювання стартер після запуску двигуна не рекомендується, оскільки тривала робота муфти вільного хода, особливо при великій частоті обертання вала двигуна, призводить до швидкого спрацювання, перегрівання і навіть пошкодження її деталей (роликів і обойм). Тому відразу після запуску двигуна ключ запалювання слід відпустити, даючи можливість йому повернутися в положення запалення при якому тягове реле роз'єднує шестірню з вінцем маховика.

Стартери автомобіля ГАЗ-24 «Волга» і ЗІЛ-130 мають таку саму будову, як і в автомобілі ГАЗ-53А. Потужність стартера автомобілів ГАЗ-24 «Волга» і ГАЗ-53А дорівнює 1,03 кВт (1,4 к. а), ЗІЛ-130 — 1,1 кВт (1,5 к. а).

У момент вмикання стартер живиться струмом у кілька сотень амперів. Щоб не розрядити і не пошкодити акумуляторних батарей (жолоблення пластин), особливо під час запуску холодного двигуна, слід вмикати стартер не більше як на 10 с. Повторно стартер можна вмикати через 1 хв, щоб батарея за цей час відновила свою працездатність (нова порція електроліту дифундує в активну масу пластин).

СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ СВІТЛОВОЇ ТА ЗВУКОВОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.

Світлорозподіл остаточно формується розсіювачем, який виготовляють з оптично прозорого матеріалу. На його внутрішній поверхні виконують елементи різноманітної конфігурації, які заломлюють світлові промені, чим досягається перерозподіл сконцентрованого відбивачем світлового пучка в потрібних напрямках.

Концентрація світлового потоку від джерела світла забезпечується в традиційних конструкціях фар і ліхтарів параболоїдним відбивачем. Параболоїдна форма поверхні, що відбиває світловий потік, найбільше пристосована для виконання цієї функції, оскільки її точки рівновіддалені від фокуса і площини, що проходить через директрису. З цих причин, якщо у фокус помістити джерело світла достатньо малих розмірів, його промені відбиватимуться від робочої поверхні параболоїда за законами геометричної оптики і поширюватимуться вздовж оптичної осі відбивача.

На сучасних автомобілях і тракторах застосовують фари головного освітлення двох систем, які відрізняються структурою світлового потоку: з європейською або американською системою світло розподілу.

Основною конструктивною особливістю європейської системи освітлення є використання при формуванні ближнього світла лише частини робочої поверхні відбивача, тоді як в американській на ближньому і дальньому світлі використовується вся його робоча по верхня.

Оптичний елемент європейської фари (рис. 4) складається з параболоїдного відбивача з кутом охоплення $2\varphi_{\max} < 180^\circ$, джерела дальнього й ближнього світла та розсіювача, на внутрішній поверхні якого виконані мікроелементи у вигляді призм і лінз.

Спіраль 1 для створення пучка дальнього світла розміщується у фокусі оптичної системи і світловий потік, відбитий від активної поверхні параболоїда, поширюється вздовж оптичної осі з невеликим кутом розсіювання, який залежить від геометричних розмірів тіла розжарювання та його розфокусування.

Спіраль 2 ближнього світла зміщується від фокуса вперед по оптичній осі (в бік світлового отвору) і дещо вище від неї. При та кому положенні відбитий світловий пучок розподіляється на дві частини:

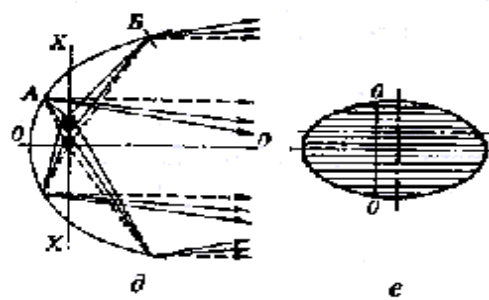


Рис. 4. Хід променів ближнього (суцільні лінії) і дальнього (штрихові) світла у фарах головного освітлення: а — тип європейського світлорозподілу; б — дальнє світло європейської фари; в — ближнє світло європейської фари; г — форма освітлення поверхні на екрані ближнім світлом європейською фарею; д — тип американського світлорозподілу; е — форма освітлення поверхні на екрані ближнім світлом американською фарею; 1 — спіраль дальнього світла; 2 — спіраль ближнього світла, 3 — екран; 4 — відбивач

світлорозподілу; е — форма освітлення поверхні на екрані ближнім світлом американською фарею; 1 — спіраль дальнього світла; 2 — спіраль ближнього світла, 3 — екран; 4 — відбивач

— перша, відбита верхньою напівсферою параболоїда, спрямована вниз відносно оптичної осі фари (див. рис. 1, е), тобто на проїзну частину дороги;

- друга, відбита нижньою напівсферою параболоїда, спрямована вгору, тобто вище від горизонту в напрямку розміщення водія зустрічного транспорту. Оскільки друга частина світлового потоку не бере участі в освітленні проїзної частини дороги і негативно діє на водія зустрічного транспорту, його усувають шляхом розміщення над спіраллю лампи ближнього світла непрозорого екрана 3.

Оптичний елемент фари з американською системою світлорозподілу включає параболоїдний відбивач з кутом охоплення $2\phi_{\max} < 180^\circ$, спіраль для утворення дальнього світла, розміщеного у фокусі, спіраль для утворення ближнього світла, скляний розсіювач з мікроелементами у вигляді призм, лінз та їх поєднання на внутрішній поверхні.

Спіраль ближнього світла має циліндричну форму, розміщується впоперек оптичної осі і зміщується вгору та вправо (якщо дивитись на оптичний елемент з боку розсіювача). Таке розміщення призводить до розподілу відбитого світлового потоку знову ж таки на дві частини:

- один, відбитий від верхньої частини параболоїда, спрямований униз і вправо відносно оптичної осі фари або освітлює безпосередньо проїзну частину шляху та праве узбіччя;

— другий — спрямований вище від горизонту в зону розміщення очей водія зустрічного транспорту. Зменшення засліплення водія зустрічного транспорту і перерозподіл другої частини світлового потоку забезпечують мікроелементами, розміщеними по всій поверхні розсіювача.

Фари головного освітлення з американською системою світлорозподілу застосовують на вантажних автомобілях ранніх випусків — МАЗ, КрАЗ, "Урал", ЗІЛ-131Н та ін.

Поєднання в одному оптичному елементі двох режимів освітлення (дальнього й ближнього) дає змогу споживати відносно невелику потужність, мати малі розміри, низьку собівартість виготовлення. Проте при цьому погіршуються характеристики як дальнього, так і ближнього світла.

У зв'язку з цим набула поширення чотирифарна система освітлення. Вона включає чотири фари, розміщені попарно в передній частині автомобіля, які конструктивно не відрізняються від розглянутих вище. Зовнішні (або верхні) фари призначені для ближнього світла і обладнані двонитковими лампами, а внутрішні (або нижні) — одностиковими. При ввімкненні дальнього світла працюють всі чотири фари. Така схема має деякі переваги порівняно з 2-фарною, а саме: значно кращу освітленість дороги при ввімкненні дальнього світла, раціональніший світлорозподіл по індивідуальних фарах, оскільки оптичні системи розраховують з урахуванням вимог світлорозподілу при ближньому світлі (зовнішні фари) або при дальньому світлі (внутрішні фари). Проте при ближньому світлі загальна площа світлового отвору фар порівняно з 2-фарною менша, внаслідок чого освітленість дороги гірша.

На колісних тракторах (ЮМЗ-6АКЛ, -6АКМ,) передні фари можуть бути встановлені по висоті у двох положеннях: при виконанні сільськогосподарських робіт — у верхнє; на транспортних роботах — у нижнє відносно кронштейна їх кріплення.

2. Питання для закріплення матеріалу.

1. Які елементи входять до складу електричного стартера? Як вони взаємодіють? 2. Яке призначення має муфта вільного ходу стартера? 3. За якими ознаками класифікують стартери? 4. Які конструктивні особливості має європейська система освітлення? 5. На яких автомобілях застосовують фари головного освітлення з американською системою світлорозподілу?

3. Рекомендована література.

Л-2 с. 135-198, Л-4 с. 267-272, Л-5 с. 193-195, Л-8 с. 214-218, 221-244, Л-2 с. 135-198, Л-4 с. 267-272, Л-5 с. 193-195, Л-8 с. 214-218, 221-244.

ТЕМА 3: ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ.

Питання

1. Класифікація енергетичних засобів і самохідних шасі.
2. Тягово-зчіпні властивості енергетичних засобів.
3. Баланс потужності енергетичних засобів.
4. Оцінка використання енергетичних засобів.

1. Конспект лекції.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТРАКТОРІВ І САМОХІДНИХ ШАСІ

Трактор – (новолат. tractor, від лат. traho — тягну, тягну), самохідна (гусенична або колісна) машина, що виконує сільськогосподарські, дорожньо-будівні, землерийні, транспортні й ін. роботи в агрегаті із причіпними, навісними або стаціонарними машинами (знаряддями).

За призначенням трактори розділяють на промислові і сільськогосподарські. Базові моделі промислових тракторів характеризуються більшими, ніж у сільськогосподарських тракторів, тяговими зусиллями. Вони виконують землерийні, дорожньо-будівні, меліоративні й ін. роботи в агрегаті з різноманітними навісними (бульдозерна лопата, снігоочисник, екскаваторний ківш і т.п.) і причіпними (скрепер, грейдер і т.п.) машинами (знаряддями).

Сільськогосподарські трактори загального призначення в агрегаті з відповідними машинами (знаряддями) здійснюють оранку, культивуацію, посів, збирання та ін. роботи. Найбільш потужні сільськогосподарські трактори використовуються при освоєнні цілинних і перелогових земель для корчування пнів, видалення й запарки чагарників і ін. робіт.

Сільськогосподарські трактори класифікують за: номінальним тяговим зусиллям, призначенням та типом ходової частини.

Номінальне тягове зусилля – це зусилля, що розвивається трактором у межах максимального тягового ККД.

За номінальним тяговим зусиллям трактори й самохідні шасі сільськогосподарського призначення підрозділяють на десять тягових класів: 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8.

Кожний клас має одну або декілька основних (базових) моделей, а базова модель – кілька модифікацій. Модифікації відрізняються від базової моделі деякими особливостями обладнання, але, як правило, у модифікації й базової моделі однакові двигун, трансмісія й ходова частина.

За призначенням сільськогосподарські трактори розділяють на трактори загального призначення, універсально-просапні, садово-городні й спеціальні.

Трактори загального призначення (тягові класи 3, 4, 5, 6, 8) виконують основні сільськогосподарські роботи, крім збирання деяких просапних культур і міжрядної обробки.

Універсально-просапні трактори (тягові класи 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3) призначені для оброблення просапних культур (посів і обробіток міжрядь);

можуть використовуватися на невеликих полях і на транспортних роботах.

Садово-городні трактори й самохідні шасі малої потужності працюють у садах, на ягідниках, городніх плантаціях і виконують транспортні роботи.

Спеціальні трактори (бульдозери, грейдери, екскаватори, трубоукладачі й ін.), обладнані спеціальними обладнаннями й механізмами, виконують певні роботи на будівництві, меліорації, виноградниках, на прокладці трубопроводів і т.п.

По типу ходової частини трактори підрозділяють на:

- колісні трактори (схеми 4К2а, 4К2б, 4К4а і 4К4б);
- гусеничні трактори.

Механізми й устаткування тракторів

Силова установка складається із двигуна, що й забезпечують роботу обладнань.

У силову передачу входять: муфта зчеплення, коробка передач, центральна й кінцева передачі. Найпоширеніші фрикційні муфти зчеплення, іноді застосовуються гідродинамічні й електричні.

Через центральну передачу (звичайно конічний редуктор) крутний момент підводить до ведучих коліс гусеничних тракторів; у колісних тракторів використовується диференціальний механізм. Кінцеві передачі (звичайно циліндричні редуктори) розташовуються на ведучих колесах і служать для збільшення загального передаточного числа трансмісії і створення необхідного дорожнього просвіту.

У деяких експериментальних зразках тракторів застосовуються гідрооб'ємні (гідронасос і гідромотори) і гідромеханічний (гідротрансформатор і механічна коробка передач) трансмісії. Для одержання особливо низьких швидкостей руху трактора трансмісії обладнаються додатковими передачами - ходозменшувачами.

Ходова система колісних тракторів складається з: підвіски, осей (мостів), коліс (напрямних і ведучих) із пневматичними шинами низького тиску. Іноді для підвищення прохідності застосовуються напівгусеничний хід або накидні ґрунтозачеми.

Ходова система гусеничних тракторів складається з підвіски, гусеничних ланцюгів, ведучих зірочок, опорних катків, підтримуючих роликів, напрямних коліс.

Остов трактора звичайно виконується у вигляді рам різних конструкцій. Механізми керування трактором складаються з: рульового керування гальм (стрічкових або дискових). Зміна напрямку руху колісних тракторів звичайно здійснюється передніми (напрямними) колесами. Іноді для поліпшення маневреності в конструкціях тракторів передбачається поворот усіх 4 коліс, регулювання обертаючих моментів на ведучих колесах, відносно обертання передньої й задньої частин трактора при схемі із шарнірною рамою. Поворот гусеничних тракторів проводиться зміною частоти обертання ведучих коліс правої або лівої гусениць муфтами й гальмами; іноді застосовується одноступінчастий планетарний механізм із двома парами гальм. Кабіни

встановлюються на всіх вітчизняні й більшості закордонних тракторів і служать для створення комфортних умов роботи тракториста.

Електроустаткування трактора складається з: джерел електричного струму (акумуляторної батареї й установленого на двигуні генератора) приладів для пуску двигуна, висвітлення шляху й робочих машин (знарядь), вентиляції кабіни, подачі звукових і світлових сигналів

Основні експлуатаційні показники трактора підрозділяють на: техніко-економічні технічні агротехнічні

Техніко-економічні показники: продуктивність в агрегаті, тягові якості, трудомісткість обслуговування і ремонту, металоємність і ін.

Технічні показники: стійкість трактора (поздовжня й поперечна), легкість керування, зручність роботи персоналу (наявність кабіни, контрольних приладів; число місць для сидіння).

Агротехнічні показники:

Експлуатаційні властивості тракторів включають прохідність, тягово-зчіпні, властивості, маневреність, плавність руху, діапазон швидкостей руху, допустима дія рушіїв на ґрунт.

Прохідність тракторів з робочими машинами і причепами оцінюють за можливостями подолання схилів при русі на підйом, згори та впоперек схилу, можливість руху по снігу, піску, грязюці.

Тягово-зчіпні властивості тракторів визначають в процесі випробувань на типових фонах:

- для колісних – трек (бетон), стерня, поле для посіву;
- для гусеничних – глиняна дорога, стерня, поле для сівби.

Тягово-зчіпні властивості тракторів оформляються у вигляді тягової характеристики, яка визначає залежність основних показників (швидкість, тягова потужність, годинні та питомі витрати палива, буксування) від величини зусилля на гаку.

Діапазон швидкостей руху повинен забезпечити виконання всіх технологічних операцій, відповідно до агротехнічних вимог.

Середній питомий тиск трактора на ґрунт визначають діленням маси трактора на величину опорної площі ходових систем. За агровимогами середній питомий тиск на ґрунт допускається не більше 45 кПа для гусеничних машин і не більше 80-110 кПа для колісних.

Дорожній просвіт тракторів загального призначення – не менше 300-400 мм, універсально-просапних (під заднім мостом) – 460 мм.

Агротехнічний просвіт залежить від висоти рослин на період останнього міжрядного обробітку і повинен бути 400-500 мм для низькостебельних культур (картопля, цукровий буряк тощо); 650-700 мм для високостебельних культур (кукурудза, соняшник).

Захисна зона для просапних тракторів – відстань від середини рядка до краю колеса або гусениці, її величина повинна бути не менше 12-15 см.

Ширина колії рекомендується 1680-1860 мм для колісних та 1330-1430 мм для гусеничних тракторів загального призначення.

Конструкція універсально-просапних тракторів повинна забезпечити ширину колії в межах 1400-2100 мм.

При номінальному тяговому зусиллю допускається буксування:

- для гусеничних тракторів загального призначення – до 3 %;
- для колісних тракторів схеми 4x4 загального призначення – до 10 %;
- універсально-просапних схеми 4x4 – до 12 %;
- схеми 4x2 – до 18 %.

Сучасні трактори зарубіжних фірм

З ліквідацією економічних границь у с.-г. підприємств з'явилася можливість вибору й покупки наявної на світовому ринку закордонної техніки. Для вибору закордонних машин вітчизняним товаровиробникам насамперед необхідна інформація про фірми-виготовлювачі, номенклатурі випуску, технічному рівні й ціні їх продукції.

Стан виробництва тракторів

Прагнучи найбільш повно задовольнити вимоги споживачів, закордонні фірми пропонують на ринок широку гаму тракторів у діапазоні потужності 11-342 кВт. У конструкціях тракторів реалізуються технічні розв'язки, що сприяють підвищенню техніко-економічних показників, зниженню ущільнення ґрунту, поліпшенню керування машинним агрегатом й створенню зручностей для роботи механізаторів. Широке застосування гідравлічних і пневматичних систем, засобів автоматизації й електроніки дозволяє значно підвищити як надійність машин, так і якість виконання технологічних процесів і збільшити продуктивність агрегатів.

ТЯГОВО-ЗЧІПНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАКТОРІВ

Експлуатаційні властивості двигунів

Основними показниками характеристики двигуна є:

а) для номінального навантаження:

- номінальна ефективна потужність $N_{ен}$ при номінальній частоті обертання колінчастого вала n_n ;
- номінальний крутний момент двигуна $M_{ен}$;
- номінальна витрата палива - за годину роботи $G_{пн}$ кг/год.;
- питома витрата палива $q_{ен}$, г/кВт*год.;

б) для холостого режиму: n_x ; $N_{ex}=0$; $M_{ex}=0$; $G_{пх}$;

в) для режиму максимального крутного моменту:

$$M_{e_{max}}, n(M_{max}), N_{e_{max}}, G_{i(M_{max})}, q_{e_{max}}(M_{max}).$$

Можливості двигуна в подоланні перевантаження оцінюють коефіцієнтами пристосованості k_n та зниження частоти обертання колінчастого вала k_o :

$$k_n = \frac{M_{e_{max}}}{M_{ен}}, (1,1-1,2)$$

$$k_o = \frac{n(M_{\max})}{n_H}, (0,5-0,7)$$

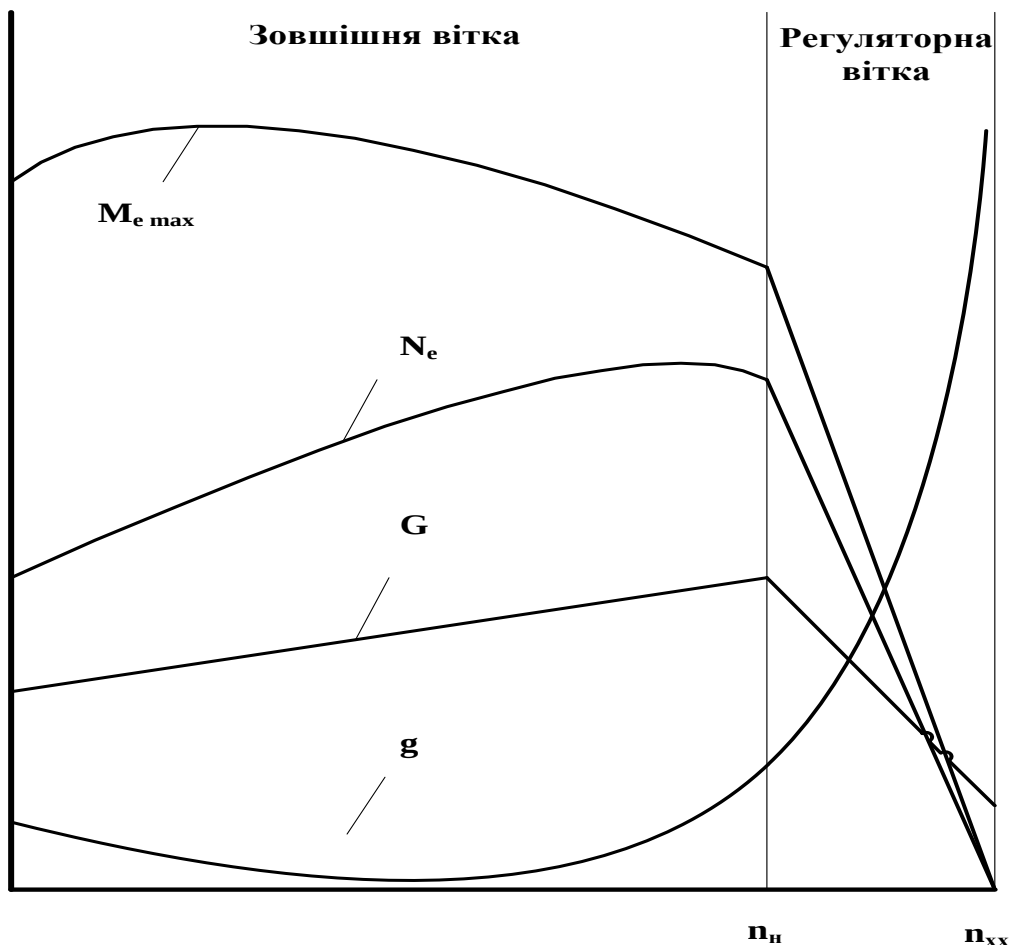


Рис 1. Регуляторна характеристика двигуна

Крутний момент M_k , прикладений до осі коліс можна представити парою горизонтальних сил P_d з плечем r_k , із яких одна прикладена до центру колеса, а друга дотично до ободу.

Величина сили $P_{руш}$ знаходиться із виразу:

$$P_{руш} = \frac{M_k}{r_k}.$$

Діючи на ґрунт сила $P_{руш}$ викликає зі сторони ґрунту реакцію, рівну їй по величині, але протилежну за напрямком – реакцію ґрунту F , яка діє на колесо.

У результаті цього сила $P_{руш}$ взаємозрівноважується рівною їй горизонтальною реакцією F і не буде впливати на колесо.

Сила $P_{руш}$, яка прикладена до осі викликає переміщення колеса і буде рушійною силою.

Рушійною силою трактора є направлена вперед зовнішня сила, яка створена двигуном при умові існування горизонтальної реакції ґрунту, рівній сумі опору всіх сил, які діють на трактор.

Крутний момент на колесі виникає в результаті передачі крутного

моменту двигуна:

$$M_k = M_{дв} i_{тр} \eta_{тр}, \text{ кНм},$$

де: $M_{дв}$ – крутний момент двигуна, кН/м;

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії;

$\eta_{тр}$ – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Крутний момент двигуна визначається:

$$M_{дв} = \frac{N_{ен}}{n_n}, \text{ кНм},$$

де: $N_{ен}$ – ефективна номінальна потужність двигуна, кВт;

n_n – частота обертання колінчастого вала, s^{-1} .

Після підстановки і перетворень отримаємо вираз для визначення дотичної сили тяги P_d , можливої за двигуном:

$$P_d = \frac{9,554 N_{ен} i_{тр} \eta_{тр}}{n_n r_k}.$$

Радіус кочення r_k :

$$r_k = r_o + h\lambda, \text{ м} - \text{колісні трактори};$$

$$r_k = r_3, \text{ м} - \text{гусеничні трактори},$$

де: r_o – радіус обода, м;

r_3 – радіус зірочки, м

h – висота шини, м;

λ – коефіцієнт прогинання шини.

Механічний ККД трансмісії $\eta_{тр}$:

$$\eta_{тр} = \eta_{тр}^n \eta_{тр}^m \eta_{гус},$$

де: $\eta_{тр}$ – ККД циліндричних передач;

η_k – ККД конічних передач;

$\eta_{гус}$ – ККД гусениці;

n – кількість пар циліндричних передач;

m – кількість пар конічних передач.

Максимальна сила зчеплення ходового апарату з ґрунтом залежить від стану ґрунту, типу ходового апарату і маси трактора. Для її визначення застосовують коефіцієнт зчеплення ходового апарату (рушіїв) з ґрунтом μ .

Коефіцієнтом зчеплення ходового апарату з ґрунтом називають відношення найбільшої дотичної сили при допустимому буксуванні коліс до нормальної реакції ґрунту.

$$\mu = \frac{P_d}{G_{зч} g},$$

де: $G_{зч}$ – зчіпна маса трактора, т;

g – прискорення вільного падіння, m/s^2 .

При умові, що $P_d = F_{\max}$:

$$F_{\max} = G_{\text{зч}} g \mu ,$$

або з урахування підйому (рельєфу):

$$F_{\max} = G_{\text{зч}} g \mu \cos \alpha .$$

Чисельно рушійна сила трактора $P_{\text{руш}}$ дорівнює:

– за умови, що $P_d > F_{\max}$, $P_{\text{руш}} = F_{\max}$;

– за умови, що $P_d \leq F_{\max}$, $P_{\text{руш}} = P_d$.

Величину опору руху трактора при стабільній роботі знаходять, розклавши масу трактора на підйом за двома напрямками: перпендикулярно і паралельно підйому.

Сила опору підйому трактора P_i буде:

$$P_i = G g \sin \alpha .$$

Сила опору перекочування трактора визначають за формулою:

$$P_f = G g f \cos \alpha , \text{ кН.}$$

При малих кутах підйому (до 10°) можна прийняти, що $\cos \alpha \approx 1$, тоді:

$$P_{\text{тяг}} = P_{\text{руш}} - G g (f \pm i), \text{ кН.}$$

Значення коефіцієнтів зчеплення ведучого апарату з ґрунтом та опору перекочування для різних фонів

Фон	Номер фона	Колісні		Гусеничні	
		μ	f	μ	f
Дорога з твердим покриттям	1	0,90	0,02	1,00	0,05
Ґрунтова дорога	2	0,82	0,04	0,97	0,07
Суха стерня	3	0,77	0,07	0,93	0,08
Волога стерня	4	0,65	0,10	0,90	0,09
Злежана оранка	5	0,60	0,12	0,80	0,10
Поле під посів	6	0,55	0,16	0,75	0,12
Свіжа оранка	7	0,50	0,20	0,65	0,14
Вологий луг	8	0,45	0,22	0,60	0,16
Болото, сніг	9	0,30	0,24	0,50	0,18

Коефіцієнти μ і f залежать від фону поля і класу ґрунтів, на якому працює трактор та від типу його рушіїв.

Тягові властивості тракторів відображаються на їх тяговій характеристиці.

Тяговою характеристикою трактора називається графік, який показує зміну тягової потужності трактора $N_{\text{тяг}}$, годинної витрати палива G_T , швидкості руху V , частоти обертання колінчастого валу n і буксування δ у залежності від тягового зусилля трактора $P_{\text{тяг}}$ на кожній із передач трактора.

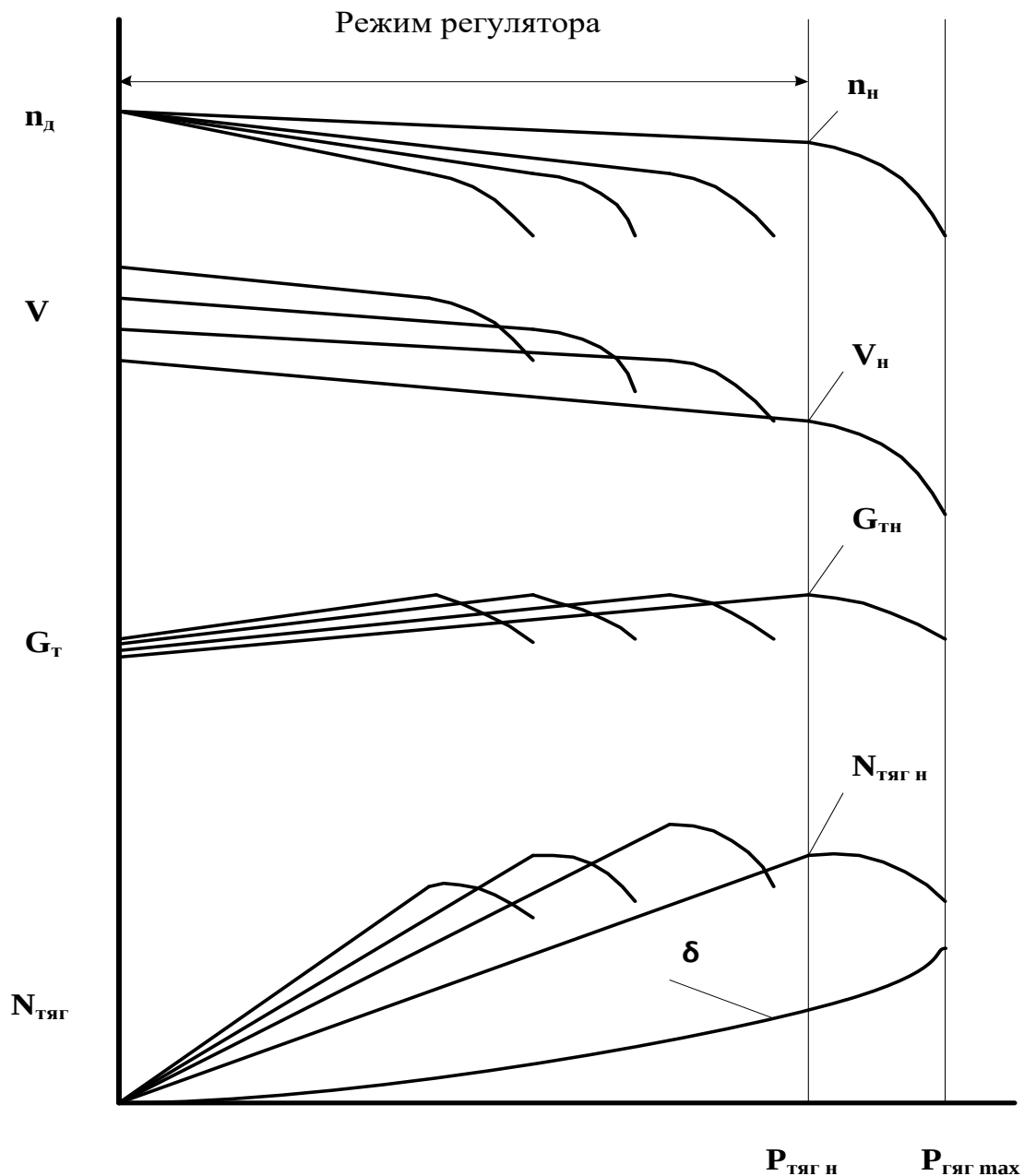


Рис 2. Тягова характеристика трактора

На графіку тягової характеристики кожної передачі можна розрізнити дві зони, які розмежуються ординатою, проведеною через точку перегину кривих: ліва сторона – зона роботи двигуна трактора на регуляторі; права сторона – зона роботи двигуна трактора без регулятора.

Тягове зусилля, яке відповідає крайній точці потужності на гаку (за перегином кривої), називається максимальним тяговим зусиллям.

Тягове зусилля, яке відповідає найбільшій потужності на гаку, називається номінальним тяговим зусиллям.

При роботі трактора відрізняють теоретичну і робочу швидкість руху трактора.

При роботі трактора завжди буде мати місце буксування рушіїв, яке залежить від навантаження на гаку трактора, його рушіїв, фону поверхні ґрунту тощо.

Робоча швидкість трактора:

$$V_p = V_t \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \text{ км/год.}$$

Баланс потужності тракторів

При роботі трактора не вся потужність, яку розвиває двигун, витрачається на корисну роботу. Мають місце втрати потужності:

- у трансмісії (на подолання сил тертя у підшипниках та передачах, перемішування олив тощо) $N_{тр}$;
- на самопереміщення трактора N_f ;
- на буксування рушіїв N_δ ;
- на подолання сил підйому N_i ;
- на подолання сил інерції N_j ;
- на подолання сил опору повітря N_w .

Потужність, яка залишається може бути витрачена на тягу машин $N_{гак}$ і привід їх робочих органів $N_{впп}$.

Баланс потужності описується таким рівнянням:

$$N_{ен} = N_{тр} + N_f + N_\delta + N_i + N_j + N_w + N_{гак} + N_{впп} :$$

а) втрати потужності у трансмісії $N_{тр}$ оцінюються коефіцієнтом корисної дії трансмісії $\eta_{тр}$, рівним відношенню потужності, яка підведена до ведучих коліс N_k , до ефективної потужності двигуна $N_{ен}$:

$$\eta_{тр} = \frac{N_k}{N_{ен}}.$$

Оскільки $N_k = N_{ен} - N_{тр}$ і $N_k = N_{ен} \eta_{тр}$, то $N_{ен} - N_{тр} = N_{ен} \eta_{тр}$.

Таким чином коефіцієнт корисної дії трансмісії $\eta_{тр}$ буде:

$$N_{тр} = N_{ен}(1 - \eta_{тр}).$$

б) втрати потужності на самопереміщення трактора N_f :

$$N_f = \frac{P_f V_p}{3,6} ;$$

в) втрати потужності на буксування рушіїв N_δ :

$$\text{Так як } N_\delta = \frac{P_{руш}(V_t - V_p)}{3,6} \text{ і } N_k = \frac{P_{руш} V_t}{3,6} = N_{ен} \eta_{тр}, \text{ то } N_\delta = N_k \frac{\delta}{100}.$$

Таким чином втрати потужності на буксування рушіїв будуть:

$$N_{\delta} = N_{\text{ен}} \eta_{\text{тр}} \frac{\delta}{100}.$$

г) втрати потужності на подолання сил підйому N_i :

$$N_i = \frac{P_i V_p}{3,6};$$

д) втрати потужності на подолання сил інерції N_j :

$$N_j = \frac{P_j V_p}{3,6}.$$

е) втрати потужності на подолання сил опору повітря N_w :

$$N_w = \frac{P_n V_p}{3,6},$$

$$P_n = C F_{\text{л}} \frac{v_n^2}{13},$$

де: P_n – сила опору повітря, кН;

C – коефіцієнт, який враховує обтічність трактора (0,07 – 0,08), кН/м²;

$F_{\text{л}}$ – лобова площа, м²;

v_n – відносна швидкість повітря, км/год.

ж) гакова потужність:

$$N_{\text{гак}} = \frac{P_{\text{гак}} V_p}{3,6}.$$

з) потужність, яка необхідна для приводу робочих органів $N_{\text{ввп}}$ через вал відбору потужності залежить від машини, яку агрегатує трактор.

Оцінка використання тракторів

Ефективність використання енергетичних засобів оцінюють за такими показниками:

– коефіцієнт використання тягового зусилля $\zeta_{\text{гак}}$:

$$\zeta_{\text{гак}} = \frac{R_{\text{агр}}}{P_{\text{гак}}}$$

де: $R_{\text{агр}}$ – тяговий опір агрегату, кН;

$P_{\text{гак}}$ – номінальне тягове зусилля трактора, кН.

– коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна:

$$\zeta_{N_e} = \frac{N_e}{N_{\text{ен}}},$$

де: N_e ; $N_{\text{ен}}$ – відповідно фактична ефективна потужність при даному навантаженні та номінальна, кВт;

$$N_e = \frac{[R_{\text{арр}} + Gg(f \pm i)] V_p}{3,6 \eta_{\text{тр}} \eta_{\delta}},$$

де: $\eta_{\text{тр}}$ —коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;
 η_{δ} — коефіцієнт, що враховує втрати на буксування:

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100}$$

2. Питання для закріплення матеріалу.

1. Перелічіть компоновальні схеми енергетичних засобів. В чому полягають їх відмінності?

3. *Рекомендована література.* Л-1, с.7-9,

ТЕМА 4: ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДВИГУНА.

Питання

1. Задачі теплового розрахунку.
2. Вихідні дані для теплового розрахунку.
3. Визначення основних розмірів двигуна.

1. Конспект лекції.

ЗАДАЧІ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ.

Тепловий розрахунок ДВЗ є першим етапом його проектування. На основі цього розрахунку визначаються технічні й економічні показники двигуна, а також намічаються шляхи їхнього подальшого вдосконалення. Тепловий розрахунок дає вихідні дані для кінематичного й динамічного розрахунків, а також оцінки теплонапруженого стану основних деталей двигуна.

Тепловий розрахунок містить у собі кілька етапів:

1. Обґрунтування й вибір двигуна - прототипу, вивчення його показників, вибір (по прототипу) відсутніх для розрахунку параметрів.
2. Вибір відповідних кутів і складання діаграми фаз газорозподілу двигуна (можна по прототипу).
3. Послідовний розрахунок основних процесів циклу з визначенням параметрів робочого тіла в характерних його точках (див. попередню лекцію) .
4. Визначення індикаторних, ефективних і пито-масових показників двигуна.
5. Побудова розрахункової індикаторної діаграми циклу в координатах «тиск – поточний об'єм циліндра» ($P - V$).

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ. ПОБУДОВА ІНДИКАТОРНОЇ ДІАГРАМИ ДВИГУНА.

Вихідними даними для теплового розрахунку двигуна є:

- потужність двигуна, кВт;
- частота обертання колінчастого вала, об/хв.
- кількість та розміщення циліндрів;
- ступінь стиску;
- коефіцієнт надлишку повітря;
- марка двигуна прототипу.

Індикаторна діаграма являє собою графік залежності тиску газів у циліндрі двигуна від зміни його об'єму (або від зміни кута повороту колінчастого вала двигуна). Її побудову виконують у такій послідовності (рис.1.):

1. Випишують значення тиску робочого тіла в циклі в точках r, a, c, z, b (з теплового розрахунку двигуна).
2. Визначають об'єм камери згоряння

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}, \text{ л}$$

3. На аркуші (бажано міліметровці) вибирають початок координат і проводять осі зміни тиску й об'єму циліндра. Знаючи значення тиску в точці z , вибирають масштаб тиску μ_p . Масштаб об'єму μ_v вибирають з огляду на те, що $V_a = V_c + V_h$, л.

4. На лінії тиску знаходять точку, що відповідає тиску навколишнього середовища $P_0 = 0,1$ МПа й через неї проводять горизонтальну лінію. На осі об'ємів знаходять точки зі значенням об'ємів V_c і V_a й через них проводять вертикальні лінії.

5. На вертикальну лінію $V = V_c$ (положення поршня у ВМТ) наносять точки r, c, z , а на лінію $V = V_a$ (положення поршня в НМТ) точки a й b .

Примітка: для дизельних двигунів на лінії ВМТ лежить точка z' , а точка z лежить праворуч від точки z' по горизонталі на величину $V_z - V_{z'} = V_{z'} \cdot \rho - V_{z'} = V_{z'}(\rho - 1)$, де ρ - ступінь попереднього розширення.

6. Знаходять проміжні точки

а) на політропі стиску (не менш 5 точок) по формулі $P_x = \frac{V_a^{n_1}}{V_x^{n_1}} \cdot P_a$, МПа;

б) на політропі розширення по формулі $P_x = \frac{V_b^{n_2}}{V_x^{n_2}} \cdot P_b$, МПа.

7. З'єднують проміжні точки, а також точки « r », « a », « c », « z », « b », з огляду на такі умовності:

а) тиск протягом такту випуску приймають постійним і рівним тиску в точці « r »;

б) тиск протягом такту впуску приймають також постійним і рівним тиску в точці « a ». Біля точок $c, (z')z, b$ діаграму плавно скруглюють. Тому що лінія атмосферного тиску, лінії впуску й випуску при прийнятому масштабі тиску практично зливаються, то зображення нижньої частини діаграми виконують окремо (рис. 2), збільшивши масштаб тиску в кілька разів.

Індикаторна діаграма циклу

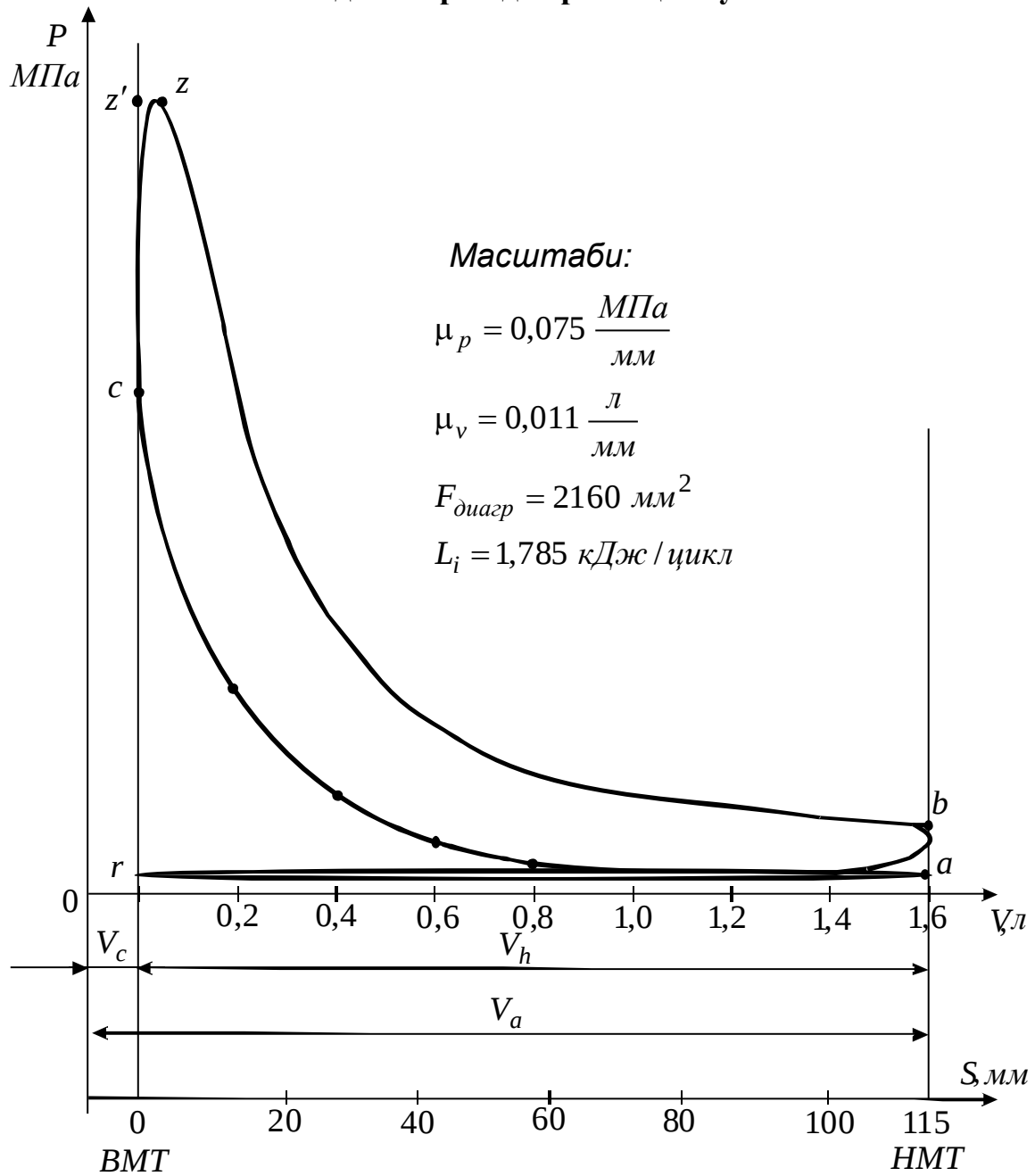
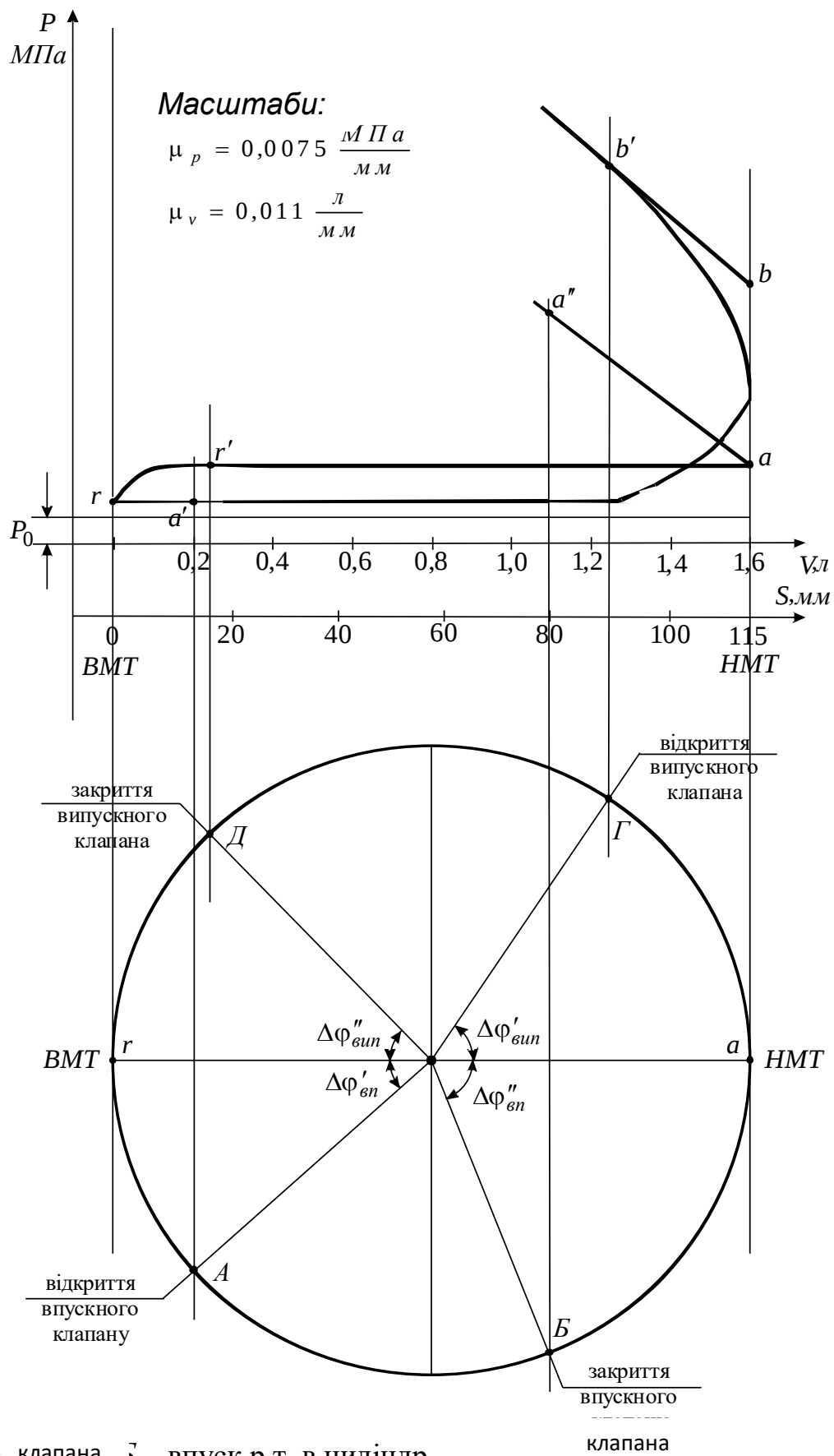


Рис. 1.



Дуг клапана $\overline{AB}$ - впуск р.т. в циліндр
 Дуга $\overline{GaBrD}$ - випуск р.т. з циліндра

Рис. 2.

8. На скругленій діаграмі визначають площу, обмежену лініями стиску й розширення у квадратних міліметрах і за формулами

$$L_i = F_{\text{diagp}} \cdot \mu_p \cdot \mu_v, \text{ мм}^2$$

$$\text{і } P_i = \frac{L_i}{V_h}, \text{ МПа}$$

знаходять середній індикаторний тиск і порівнюють його з отриманим у тепловому розрахунку (різниця не повинна перевищувати $\pm 5\%$).

9. Для нанесення на відповідних лініях (нижньої частини діаграми) точок відкриття й закриття клапанів під шкалою об'ємів наносять лінію й шкалу ходу поршня (у мм) і під цією шкалою малюють коло радіусом $R = \frac{S}{2}$, мм із центром у точці 0 (на вертикалі, що відповідає половині ходу поршня).

Потім, орієнтуючись на дані двигуна – прототипу, вибирають кути випередження відкриття й запізнювання закриття впускного й випускного клапанів. При відсутності таких даних ці кути можна призначити, виходячи з того, що в сучасних автотракторних двигунах відкриття впускного клапана відбувається в середньому за $10^0 \dots 30^0$ (кута повороту колінвала) до приходу поршня у ВМТ, а закриття – через $35^0 \dots 85^0$ після НМТ. Випускний клапан відкривається за $40^0 \dots 70^0$ після приходу поршня в НМТ, а закривається через $10^0 \dots 50^0$ після ВМТ.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ ДВИГУНА

Коли відомі (внаслідок розрахунків або вибору за прототипом) ефективна потужність двигуна N_e , номінальна частота обертання колінчастого вала n , кількість циліндрів i , відношення ходу поршня S до діаметра циліндра D і середній ефективний тиск P_e можна визначити основні конструкційні параметри двигуна — діаметр циліндра та хід поршня. Всі інші параметри кореляційно пов'язані з основними.

Середній індикаторний тиск визначають за індикаторною діаграмою, яку отримують за результатами теплового розрахунку для номінального режиму роботи аналітичним або графічним методом (перший точніший). Внаслідок відмінності справжніх циклів від теоретичних площа основної частини індикаторної діаграми справжнього циклу менша за площу основної частини — теоретичного циклу. Практично вважають, що $F_{\text{сnp}} = \mu F_{\text{теор}}$ де μ — коефіцієнт повноти діаграми (для карбюраторних двигунів — 0,97, для дизельних — 0,92). Згідно з формулою :

$$V_h = \frac{N_e \cdot 30\tau}{P_e n i} \quad \text{Водночас} \quad V_h = \frac{\pi D^2}{4} S$$

Невідомі D і S визначають за рівнянням $\rho = S/D$

Коефіцієнт зв'язку ρ вибирають, зважаючи на таке: зі зменшенням ρ знижуються висота й маса двигуна, середня швидкість поршня і, як наслідок, зростає механічний ККД, зменшується зношення, поліпшується наповнення

циліндрів. Двигуни з $\rho < 1$ називають *короткоходовими*, а з $\rho > 1$ — *довгоходовими*. Коефіцієнт ρ сучасних карбюраторних двигунів - 0,85 - 0,95, дизельних — 1,0 - 1,2.

2.Контрольні питання.

1. В якій послідовності виконується тепловий розрахунок двигуна? 2. В якій послідовності будують індикаторну діаграму двигуна? 3. В якій послідовності виконується тепловий розрахунок двигуна? 4. В якій послідовності будують індикаторну діаграму двигуна?

3.Рекомендована література. Л-1 с. 31-63, Л-5 с. 262-267, Л-9 с. 15-124.

ТЕМА 5: ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ.

Питання

1. Класифікація характеристик.
2. Методи отримання і побудови характеристик.
3. Розрахунок і аналіз регуляторної характеристики дизельного двигуна.

1. Конспект лекції.

КЛАСИФІКАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК

У процесі роботи двигунів тракторів і автомобілів параметри, що характеризують їх роботу, змінюються. Залежності основних параметрів (потужності, частоти обертання колінчастого вала, крутного моменту, витрати палива тощо) від інших (незалежних змінних) називають *характеристиками двигунів*. Здебільшого їх визначають за результатами випробування двигунів і для наочності подають графічно. Методики визначення характеристик регламентуються стандартами 18509-80 і 14846-86.

Характеристики двигунів поділяють на регульовальні та експлуатаційні. **Регульовальні** визначають з метою встановлення чи перевірки оптимальних регулювань паливоподавальних систем і систем запалювання. За **експлуатаційними** — оцінюють роботу двигуна в різних навантажувальних і швидкісних режимах. У першій групі характеристики: для карбюраторного двигуна — за витратою палива, та за кутом випередження запалювання; для дизеля — за витратою палива та за моментом випередження подачі палива. У другій групі — навантажувальні та швидкісні характеристики.

Основні характеристики двигунів. Регульовальні за складом суміші — залежності ефективної потужності, питомої витрати палива та інших показників роботи двигуна від годинної витрати палива. Їх використовують для встановлення оптимальної подачі палива.

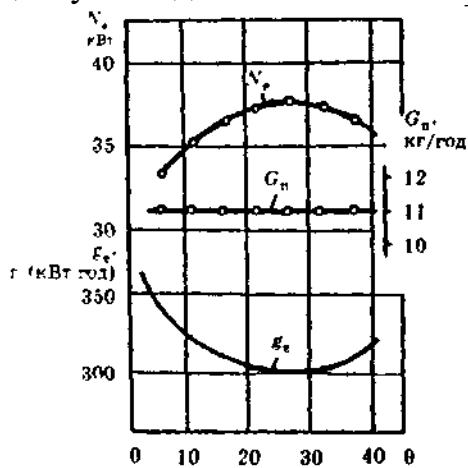
Регульовальна характеристика карбюраторного двигуна за складом суміші — залежності ефективної потужності, питомої витрати палива та інших показників роботи двигуна від коефіцієнта надлишку повітря за усталеної частоти обертання колінчастого вала і незмінного положення дросельної заслінки карбюратора. Цю характеристику використовують під час вибору параметрів дозувальних систем карбюраторів в умовах змінних швидкісних і навантажувальних режимів.

Регульовальна характеристика дизеля за складом суміші — залежності годинної, питомої витрат палива та інших показників роботи двигуна від навантаження (середнього ефективного тиску, ефективної потужності) за усталеної частоти обертання колінчастого вала двигуна. Потужність дизеля за усталеної частоти обертання колінчастого вала регулюють зміною подачі палива насосом високого тиску. Тому ця характеристика дизеля збігається з його навантажувальною характеристикою. За цією характеристикою, отриманою за усталеної частоти обертання колінчастого вала й оптимального кута випередження впорскування палива,

можна встановити режими максимальної потужності, найменшої питомої витрати палива. Робота дизеля в економному режимі супроводжується повним і бездимним згорянням палива (коефіцієнт надлишку повітря в цьому режимі 1,4 - 1,8). Режим максимальної потужності характеризується складом суміші, що має коефіцієнт надлишку повітря в межах одиниці. При цьому спостерігається сильне димлення, зумовлене обмеженістю процесу сумішоутворення в часі та недосконалим змішуванням розпиленого палива з повітрям.

Регулювальні за настановними кутами випередження запалювання та впорскування палива.

Регулювальна характеристика за настановними кутами випередження запалювання — залежності ефективної потужності N_e , годинної G_n й питомої q_e витрати палива та інших показників роботи двигуна від кута випередження запалювання в градусах кута повороту θ колінчастого вала двигуна відносно ВМТ за незмінної частоти його обертання й усталеного



відкривання дросельної заслінки карбюратора (рис. 1). Отримані характеристики використовують для встановлення впливу конструкційних параметрів на оптимальні кути випередження запалювання та вплив кутів випередження запалювання на показники роботи двигуна.

У більшості сучасних автомобільних карбюраторних двигунів передбачено автоматичні пристрої для зміни кута випередження запалювання за двома режимними параметрами: частота обертання колінчастого вала (відцентровий) та навантаження (вакуумний). Крім цього, в розподільниках, як правило, є октан-коректор, за допомогою якого можна змінювати початково встановлений кут випередження запалювання.

Рис. 1. Регулювальна характеристика двигуна за кутом випередження запалювання.

Регулювальна характеристика дизеля за настановними кутами випередження впорскування палива — залежності ефективної потужності, годинної і питомої витрати палива та інших показників роботи двигуна від кута випередження впорскування палива за усталеної частоти обертання колінчастого вала й незмінного положення рейки паливного насоса. Зазвичай під час випробування вимірюють не кут випередження впорскування, а кут випередження подачі палива. Кут випередження впорскування палива завжди менший, ніж кут випередження його подачі (зокрема за рахунок пружних якостей паливопроводів).

За допомогою цієї характеристики визначають вплив конструкційних параметрів на кути випередження впорскування палива та вплив кутів випередження впорскування палива на показники роботи двигуна. При цьому

можна встановити оптимальні кути випередження впорскування палива чи параметри автоматичних пристроїв для досягнення раціональних потужнісних і економічних показників двигунів.

На величину оптимального кута випередження подачі палива в циліндри дизеля, крім навантаження й частоти обертання колінчастого вала, впливають: спосіб сумішоутворення, закон подачі палива в циліндр, початкові умови впуску та випуску і ін. Критерії для встановлення оптимального моменту випередження впорскування палива — мінімальна питома витрата палива й жорсткість роботи дизеля (виявляється стукотом).

Швидкісна характеристика двигуна— це залежність ефективної потужності N_e , крутного моменту M_k , середнього ефективного тиску P_e , годинної витрати палива G_T , питомої g_e витрати палива і інших показників від частоти обертання колінчастого вала при постійному відкритті дросельної заслінки в карбюраторному двигуні або при незмінному положенні органу, регулюючого подачу палива в дизелі.

Окрім вказаних змінних, для більш повного розкриття показників робочого процесу в швидкісній характеристиці додатково приводять зміну коефіцієнта наповнення η_v , коефіцієнта надлишку повітря α , температури відпрацьованих газів t_r , а також динамічних і температурних показників циклу. Може також приводитися залежність температури, зносу деталей циліндро поршневої групи, показників токсичності, шуму і вібрацій від частоти обертання колінчастого валу двигуна. При цьому оцінюють динамічні якості двигуна, його здатність подолати тимчасово зростаючі опори, що виникають, наприклад, при виконанні машинно-тракторним агрегатом сільськогосподарських операцій.

Швидкісна характеристика карбюраторного двигуна. Відповідно до ГОСТ 14846—81 «Двигуни автомобільні. Методи стендових випробувань» швидкісні зовнішні характеристики визначають при повністю відкритому дроселі, включеному запаленні і подачі палива з кутами випередження запалення, вказаними в технічних умовах на двигун.

При знятті зовнішньої швидкісної характеристики залежно від укомплектованості двигуна допоміжними пристроями і устаткуванням визначають потужність нетто або потужність брутто.

Для двигунів з іскровим запаленням, забезпечених обмежувачами частоти обертання, швидкісні характеристики визначають як з включеним, так і з відключеним обмежувачем.

При визначенні швидкісних характеристик виявляються точки, відповідні мінімальній і максимальній робочій частоті обертання, умовам на двигун для потужності нетто (або для потужності брутто), а також частотам обертання при максимальному моменті і мінімальній питомій витраті палива і початку спрацьовування обмежувача частоти обертання, що крутить.

В технічних умовах на двигун указується потужність нетто, що гарантується, для встановленої технічними умовами частоти обертання колінчастого валу або приводиться вся швидкісна зовнішня характеристика

потужності нетто. Може також указуватися потужність брутто для встановленої технічними умовами частоти обертання колінчастого валу, що гарантується.

Швидкісні часткові характеристики визначають при деяких проміжних положеннях дроселя, постійних для всієї визначуваної часткової характеристики.

При випробуванні двигуна для виявлення його швидкісних характеристик при повному відкритті дроселя (зовнішня швидкісна характеристика) або деяких проміжних його положеннях (часткові швидкісні характеристики) частоту обертання колінчастого валу змінюють регулюванням навантаження за допомогою гальмівної установки.

Швидкісна характеристика карбюраторного двигуна ЗІЛ-130 приведена на рис. 1. Характеристика знята з включеним обмежувачем частоти обертання.

Залежність $M_{к0} = f(n)$ і $N_{e0} = f(n)$ відносяться до крутного моменту і потужності, приведеної до стандартних атмосферних умов (барометричний тиск $p_0 = 101,3$ кПа, температура повітря $T_0 = 293$ К).

Окрім основної залежності, для двигуна ЗІЛ-130 приведена також зміна витрати повітря G_v , коефіцієнта наповнення η_v , кута випередження запалення $\phi_{зж}$, розрідження за дросельною заслінкою карбюратора ΔP_k і умовного середнього тиску механічних втрат p_m для швидкісної характеристики.

Проаналізуємо характер протікання і причини зміни основних показників роботи двигуна в умовах швидкісної характеристики. Зміна ефективної потужності двигуна залежить від середнього ефективного тиску p_e частоти обертання колінчастого валу n :

$$N_e = p_e V_h n / (30 \tau_{дв}).$$

Для даного двигуна з урахуванням постійного робочого об'єму циліндра V_h , числа циліндрів i та коефіцієнта тактності $\tau_{дв}$, об'єднаних сталою C , $N_e = C p_e n$.

Умовний середній тиск механічних втрат p_m із збільшенням частоти обертання поступово зростає і при деякій максимально можливій для даного двигуна частоті обертання може досягти значення, рівного середньому індикаторному тиску. Середній ефективний тиск при цьому буде рівний нулю.

У свою чергу, середній ефективний тиск p_e змінюється залежно від ряду параметрів, що характеризують робочий процес карбюраторного двигуна.

Для даного палива

$$p_e = C_k \eta_v \eta_i \eta_m / \alpha,$$

Закон протікання кривої $p_e = f(n)$ залежить від зміни коефіцієнта надлишку повітря α , коефіцієнта наповнення циліндра η_v , індикаторного η_i і механічного η_m ККД.

Для підвищення динамічних якостей і здатності двигуна для подолання тимчасово збільшених опорів суміш автоматично (за допомогою економайзера) збагачується при

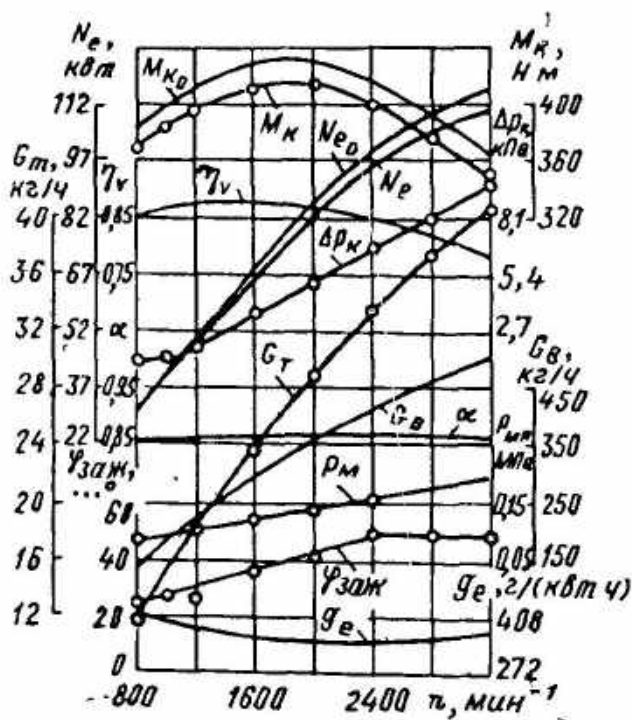


Рис. 1. Швидкісна характеристика карбюраторного двигуна ЗІЛ-130

зниженні частоти обертання колінчастого вала двигуна. Коефіцієнт надлишку повітря при цьому зменшується і збільшується коефіцієнт наповнення η_v , оскільки зростає тривалість відкриття впускних клапанів і зменшується опір при всмоктуванні заряду в циліндри. При цьому також зростає механічний коефіцієнт корисної дії, оскільки зменшуються насосні втрати і втрати на тертя. Таким чином, характер зміни α , η_v і η_m обумовлює зростання p_e із зменшенням частоти обертання.

Індикаторний коефіцієнт корисної дії з падінням частоти обертання знижується. Основні причини: збагачення суміші, відносне збільшення тепловіддачі за цикл в охолоджуючу систему, зростання витoku газів з циліндра за рахунок нещільності унаслідок збільшення тривалості циклу і погіршення процесу карбюрації внаслідок зменшення швидкості повітря і зниження інтенсивності розпилювання палива, а також перемішування його пари з повітрям.

На малій частоті обертання p_e знижується за рахунок зменшення індикаторного коефіцієнта корисної дії з вищезгаданих причин і можливого зменшення коефіцієнта наповнення через невідповідність фаз газорозподілу швидкісному режиму двигуна.

Поведінка кривої $M_k = f(n)$ залежить від тих же чинників, що і $p_e = f(n)$, оскільки крутний момент і середній ефективний тиск для двигуна - це параметри, прямо пропорційні один одному.

Годинна витрата палива зростає із збільшенням частоти обертання, оскільки підвищується число ходів всмоктування в одиницю часу і збільшується розрідження в карбюраторі.

Характер зміни питомої витрати палива в умовах швидкісної характеристики визначається протіканням кривих $\eta_i = f(n)$ і $\eta_m = f(n)$, оскільки для даного палива $g_e = C / (\eta_i \eta_m)$. Необхідно відмітити, що найбільша потужність-точка перегину кривий $N_e = f(n)$ і якнайменша питома витрата палива - точка перегину кривий $g_e = f(n)$ для швидкісної характеристики не співпадають (див. мал. 36). Мінімум питомої витрати палива завжди розташовується лівоhex максимальної потужності.

При підвищенні частоти обертання швидкість зношування зростає у зв'язку із зростанням температури деталей циліндропоршневої групи, а також у зв'язку із збільшенням динамічних навантажень і роботи сил тертя.

Швидкісну характеристику дизеля, отриману за незмінного найвигіднішого для бездимного згоряння палива положення рейки паливного насоса, визначеного за регулювальною характеристикою, називають зовнішньою (рис. 2)..

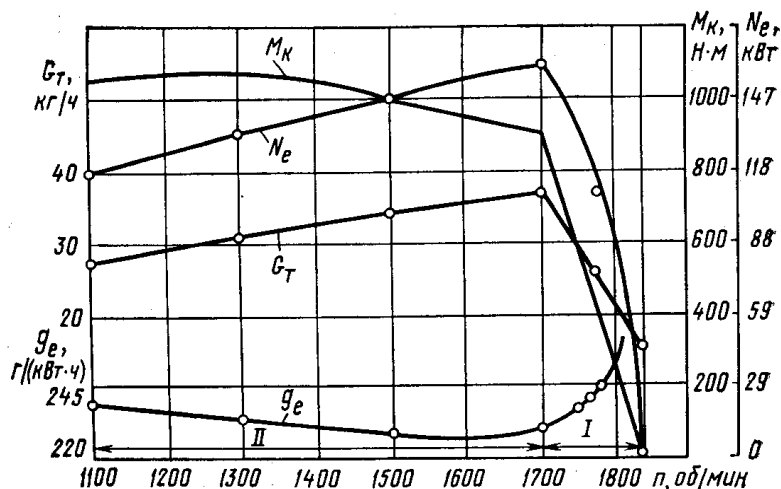


Рис. 1. Швидкісна характеристика дизеля ЯМЗ-238НБ.

У швидкісних характеристиках можуть бути також відбиті залежності температури, зношення деталей циліндро-поршневої групи, показників токсичності, шуму й вібрації від частоти обертання колінчастого вала двигуна.

При цьому оцінюють динамічні якості двигуна, його здатність долати тимчасові зростання навантаження, які виникають, наприклад, під час роботи машинно-тракторного польового агрегату.

Навантажувальна характеристика — залежності годинної і питомої витрат палива, ефективного й механічного ККД та інших показників роботи двигуна від його навантаження, яке може бути виражене, наприклад, ефективною потужністю чи середнім ефективним тиском. Навантажувальну характеристику дизеля під час його роботи на регуляторі називають **регуляторною**. Іноді регуляторну характеристику зображують як залежності основних параметрів (витрати палива, ефективної потужності, крутного моменту) від частоти обертання колінчастого вала двигуна.

За навантажувальною характеристикою оцінюють паливну економічність, зносостійкість і токсичність двигуна в умовах різного рівня його завантаження і незмінної частоти обертання колінчастого вала.

Крім перелічених характеристик, стандартом передбачено отримання й інших, зокрема: холостого ходу, пускової, вібраційної, рівномірності роботи циліндрів тощо.

Характеристики отримують у процесі випробування двигунів, програми яких визначають поставлені завдання, і використовують для встановлення (вибору) оптимальних значень певних параметрів, контролю якості нових і відремонтованих двигунів, визначення конструкційних, динамічних і економічних показників двигунів. Характеристики є також важливим матеріалом для вивчення динамічних і економічних якостей тракторів та автомобілів.

РОЗРАХУНОК І АНАЛІЗ РЕГУЛЯТОРНОЇ (ШВИДКІСНОЇ НА РЕГУЛЯТОРІ) ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА.

Регуляторна характеристика тракторного двигуна виражає залежність ефективної потужності, частоти обертання колінчастого вала, крутного моменту, питомої і годинної витрати палива від швидкісного і навантаженого режимів роботи двигуна.

Розрахунок і побудову регуляторної характеристики двигуна в функції від швидкісного режиму рекомендується проводити в наступній послідовності.

Беручи різні значення частот обертання колінчастого вала двигуна з інтервалом $100 \dots 200 \text{ хв}^{-1}$ менше номінальної величини (за завданням), визначають поточні значення N_e потужності двигуна на безрегуляторній гілці характеристики за емпіричною формулою:

$$N_e = N_H \left[C_1 \frac{n_e}{n_H} + C_2 \left(\frac{n_e}{n_H} \right)^2 - \left(\frac{n_e}{n_H} \right)^3 \right], \quad (3.14)$$

де n_e і n_H - поточне і номінальне значення частоти обертання колінчастого вала двигуна;

$c_1 = 0,5$; $c_2 = 1,5$ - для дизелів з безпосереднім впорскуванням палива

На регуляторній гілці характеристики приймають зміну потужності N_e за законом прямої лінії від $N_e = 0$ до N_H .

Для визначення $N_e = 0$ визначають частоту обертання колінчастого вала двигуна на холостому ході за формулою:

$$n_x = (1 + \delta_p) n_H, \text{ хв}^{-1} \quad (3.15)$$

де δ_p - коефіцієнт нерівномірності регулятора, для сучасних тракторних двигунів приймають $\delta_p = 0,07 \dots 0,08$.

Знаючи потужність і частоту обертання колінчастого вала двигуна, визначають крутний момент M_e за формулою:

$$M_e = 9,55 \frac{N_e}{n_e}, \text{ к Н} \cdot \text{м} \quad (3.16)$$

де n_e - частота обертання колінчастого вала відповідно до потужності двигуна N_e .

За питомою витратою g_{en} палива при номінальній потужності двигуна визначають максимальну годинну витрату палива за

$$\text{формулою: } G_{en} = \frac{g_{en} \cdot N_H}{10^3}, \text{ кг/год} \quad (3.17)$$

Для холостого ходу двигуна приймають

$$G_{ex} = (0,25 \dots 0,30) G_{en}, \text{ кг/год} \quad (3.18)$$

Проміжні точки годинної витрати палива на регуляторній гілці приймають за законом прямої лінії за годинною витратою палива і відповідною потужністю двигуна на регуляторній гілці, визначають питомі витрати палива за формулою:

$$g_{ei} = \frac{10^3 G_{ei}}{N_{ei}}, \text{ г/кВт} \cdot \text{год} \quad (3.19)$$

Крива питомої витрати палива піднімається вгору при зниженні навантаження двигуна.

Питому витрату палива на безрегуляторній гілці при максимальному крутному моменті двигуна приймають на 5...10 % більше, ніж при номінальній потужності. Проміжні точки питомої витрати палива можна прийняти аналогічно дослідним даним відповідних двигунів.

Знаючи питому витрату палива на безрегуляторній гілці, визначають відповідну годинну витрату палива G_{ei} за формулою

$$G_{ei} = \frac{g_{ei} \cdot N_{ei}}{10^3}, \text{ кг/год} \quad (3.20)$$

Результати розрахунків показників роботи двигуна заносять до таблиці 1. для побудови регуляторної характеристики.

Користуючись одержаними розрахунками, будують графік регуляторної характеристики дизельного тракторного двигуна у функції від частоти обертання колінчастого вала двигуна

На рис 1. наведено загальний вид швидкісної регуляторної характеристики, що показує характер зміни

$$N_e, M_e, G_e, g_e = f(n_e).$$

Обов'язковими розрахунковими точками на регуляторній гілці характеристики будуть точки 6,7 (рис.1.), у яких значення потужності відповідно дорівнює $0,8 N_e$ і $0,5 N_e$. Значення всіх параметрів у розрахункових точках 5 і 6 заносять до таблиці 1.

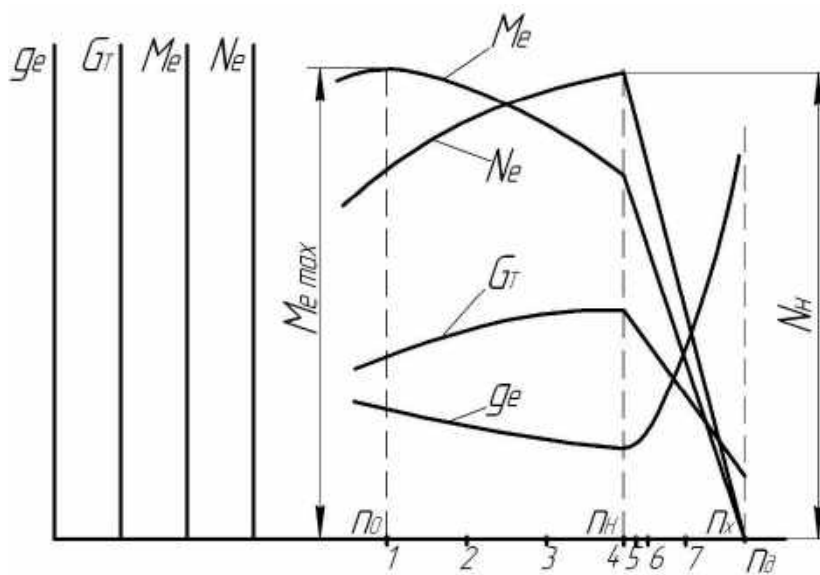


Рис. 1. Регуляторна характеристика двигуна.

Ділянку характеристики, що розташована зліва від точки n_0 (точка, де крутний момент має максимальне значення), слід вважати не робочою. На цій ділянці двигун працює не стійко і при незначному додатковому перевантаженні може зупинитися.

Регуляторна характеристика двигуна

Таблиця 1.

$n_e, \text{ хв}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$M_e, \text{ кН} \cdot \text{м}$	$G_e, \text{ кг/год}$	$g_e, \text{ г/кВт} \cdot \text{год}$
------------------------	--------------------	----------------------------------	-----------------------	---------------------------------------

n_0				
..				
n_H				
..				
n_X				

Регуляторна характеристика, побудована у функції від частоти обертання, не зручна для користування, оскільки регуляторні гілки розташовані у них на малому відрізку вісі абсцис. Це перешкоджає аналізу завантаження двигуна та його економічності на основних робочих режимах. Тому регуляторні характеристики тракторних двигунів, будуються у функції від ефективної потужності

2. Рекомендована література.

Л-2, с.162-170, Л-6 с. 122-155.

ТЕМА 6: ТРАНСМІСІЇ. ЗЧЕПЛЕННЯ.

Питання

1. Призначення, вимоги, класифікація.
 2. ККД і передатне відношення трансмісії.
 3. Особливості трансмісій сучасних тракторів і автомобілів. Призначення, вимоги, класифікація.
 - 4 Конструкція і дія головних зчеплень тракторів і автомобілів.
 5. Сервомеханізми в приводах зчеплення.
1. Конспект лекції.

ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИМОГИ, КЛАСИФІКАЦІЯ. ККД І ПЕРЕДАТОЧНЕ ВІДНОШЕННЯ.

Трансмісія об'єднує механізми і складальні одиниці, за допомогою яких обертання від колінчастого вала двигуна трансформується (змінюється як за величиною, так і за напрямом), розподіляється і передається до рушіїв (ведучих коліс або зірочок), вала відбору потужності й гідропривода.

Трансмісія призначена для плавного рушання з місця трактора або автомобіля, зміни їх швидкості і напрямку руху (вперед або назад), забезпечення довготривалої зупинки без вимкнення двигуна, здійснення або полегшення повороту, а також для передачі крутного моменту робочим органам сільськогосподарських машин, що агрегатуються з трактором, і привода гідрофікованого робочого обладнання.

За способом трансформації обертального руху розрізняють ступінчасті, безступінчасті і комбіновані трансмісії.

За принципом роботи трансмісії бувають механічні, гідравлічні, електричні, комбіновані (гідромеханічні, електромеханічні тощо).

Основними показниками трансмісії є коефіцієнти трансформації і корисної дії та загальне передаточне число. Коефіцієнт трансформації становить:

$$K = M_k / M_d,$$

де M_k і M_d — крутний момент відповідно на ведучих колесах (зірочках) і на колінчастому валу двигуна. Загальне передаточне число дорівнює:

$$I_{тр} = n_d / n_k,$$

де n_d і n_k — частота обертання відповідно колінчастого вала двигуна і ведучих коліс (зірочок).

Коефіцієнт корисної дії (ККД) визначають:

$$\eta_{тр} = (M_k n_k) / (M_d n_d) = K / I_{тр}$$

Крутний момент на ведучих елементах рушія називають ведучим моментом.

$$M_k = M_d I_{тр} \eta_{тр}$$

Ступінчасті трансмісії забезпечують кілька постійних передаточних чисел $I_1, I_2, \dots, I_n$ при постійному значенні частоти обертання колінчастого вала. При ступінчастій трансмісії існують такі режими, на яких неможливо повністю

використати потужність двигуна.

Безступінчасті трансмісії забезпечують безперервність й автоматичність зміни крутного моменту. Вони дають змогу на будь-якому режимі повністю завантажити двигун. Проте безступінчасті трансмісії складніші за конструкцією, мають менший ККД.

Комбіновані трансмісії — сукупність ступінчастих передач з безступінчастим регулюванням крутного моменту в межах однієї передачі. Вони розширюють діапазон регулювання крутного моменту і зберігають переваги безступінчастої трансмісії.

Механічна трансмісія складається з механічних пристроїв і складальних одиниць, які за допомогою шестерень, пасів, фрикційних елементів знімають і передають крутний момент між валами та впливають на частоту обертання. Найпоширеніші на автотракторній техніці ступінчасті трансмісії. Зміна передаточного числа механічної ступінчастої трансмісії здійснюється за допомогою коробки передач при введенні у зачеплення зубчастих коліс з різним числом зубців. Ступінчасті коробки передач мають набори зубчастих коліс, що дає змогу одержувати у сучасних автомобілях 4—5 ступенів (передач), а в тракторах — до 16 і більше. У механічних трансмісіях високий ККД і порівняно низька вартість, тому їх найчастіше застосовують на тракторах та автомобілях, але частота обертання регулюється ступінчасте.

Електрична трансмісія складається з генератора постійного струму, яким якого приводиться у рух від двигуна внутрішнього згоряння. Електрична енергія від генератора по кабелях надходить до тягових електродвигунів, встановлених у ведучих колесах або зірочках. Переваги такої трансмісії — легкість передачі енергії і безступінчастість регулювання, недоліки — низький ККД, велика маса агрегатів, порівняно висока вартість; застосовується на автомобілях-самоскидах БелАЗ.

У **гідравлічній трансмісії** передача механічної енергії здійснюється за допомогою рідини і основним елементом її є гідравлічна передача. Гідравлічні передачі поділяються на гідрооб'ємні і гідродинамічні. У **гідрооб'ємній передачі** механічна енергія передається оливою, яка під робочим тиском, що створюється насосом, спрямовується розподільчим пристроєм до приводних гідромоторів ведучих коліс. Така трансмісія дає змогу безступінчасте та у великому діапазоні регулювати частоту обертання ведучих коліс трактора або автомобіля. До недоліків належать: низький ККД, велика маса агрегатів, потреба у високій точності виготовлення і забезпеченні герметичності.

Гідродинамічна передача ґрунтується на використанні кінетичної енергії рідини, тобто передачі енергії за рахунок динамічного напору рідини. Такі передачі представлені гідромуфтою і гідротрансформатором. Як правило, гідродинамічні передачі є складовими механічної трансмісії, тому її називають гідромеханічною. Переваги трансмісії такі: автоматичне і безступінчасте регулювання швидкості у межах діапазону, кращий розгін і велика плавність руху, менші динамічні навантаження на деталі трансмісії, недоліки: порівняно невисокий ККД, складність конструкції і велика маса.

Електромеханічна трансмісія відрізняється від механічної тим, що замість коробки передач використовується електрична передача, яка складається з генератора й електродвигуна постійного струму. Електрична передача, як і гідродинамічна, автоматично і безступінчасте змінює крутний момент і швидкість руху відповідно до опору руху. Але у такої трансмісії невисокий ККД, велика маса і вартість. Електромеханічні трансмісії застосовують на промислових тракторах ДЕТ-250.

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСМІСІЙ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ.

Конструктивні особливості трансмісій одного типу суттєво залежать від виду енергетичного засобу (трактор або автомобіль), числа ведучих коліс, типу рушія (колісний чи гусеничний).

Типові схеми механічних ступінчастих трансмісій наведені на рис.1.

Трансмісія колісного трактора з ведучими задніми колесами (рис. 1, а) складається з головного зчеплення 1, проміжного з'єднання 2, коробки передач 3, головної передачі 4, диференціала 5, кінцевих передач 6.

Головне зчеплення дає змогу швидко відключати трансмісію від колінчастого вала і плавно з'єднувати його з нею.

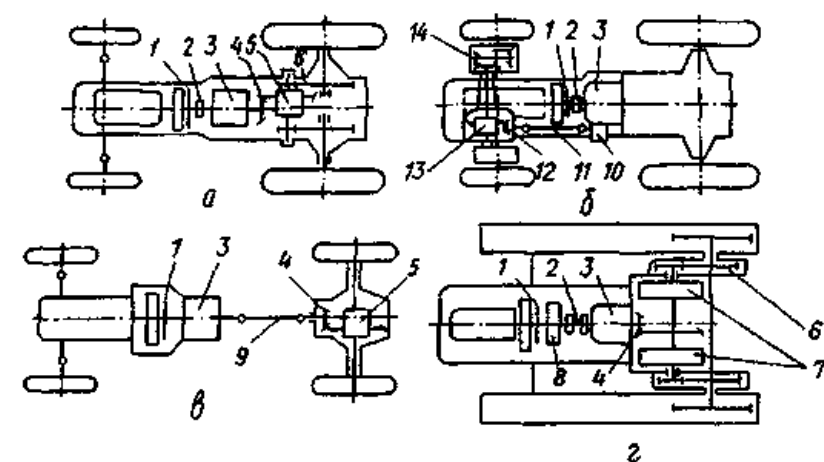
Проміжне з'єднання передає крутний момент двигуна від зчеплення до коробки передач в умовах можливого порушення співвісності між валами зчеплення і коробки передач.

Коробка передач забезпечує зміну швидкості (крутного моменту) і напрямку руху, повну тривалу зупинку машини при працюючому двигуні.

Головна передача — шестеренна, як правило, конічна передача, призначена для дальшого зниження частоти обертання (збільшення крутного

моменту), а також для передачі обертання з поздовжніх валів на поперечні.

Рис. 1. Схеми механічних трансмісій:



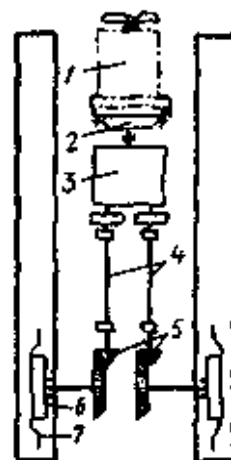
а — колісного трактора з ведучими задніми колесами; б — колісного трактора з чотирма ведучими колесами; в — автомобіля; г — гусеничного трактора; 1 — головне зчеплення; 2 — проміжне з'єднання; 3 — коробка передач; 4 — головна передача; 5 — диференціал; 6 — кінцеві передачі; 7 — механізм повороту; 8 — збільшувач крутного моменту; 9, 11 — карданні передачі; 10 — роздавальна коробка; 12, 13 і 14 — відповідно головна передача, диференціал і кінцева передача переднього ведучого моста

Диференціал дає змогу при безперервному підведенні крутного моменту до ведучих коліс обертатися цим колесам з різною частотою.

Кінцеві передачі — знижувальні передачі, які забезпечують кінцеве

зниження частоти обертання, а отже, збільшення крутного моменту, що підводиться до ведучих елементів рушіїв.

Оскільки автомобіль — транспортний засіб, швидкість руху якого у кілька разів перевищує швидкість руху трактора, передаточне число трансмісії і крутний момент, що передається нею, менші, ніж у трактора. Тому й елементи трансмісії автомобілів простіші за конструкцією і менш металомісткі. У конструкції більшості автомобілів відсутні кінцеві передачі, крім того, від трактора їх відрізняє взаємне розташування окремих складальних одиниць (рис. 1, в).



Конструкція автомобіля або трактора з колісним рушієм значно ускладнюється зі збільшенням кількості ведучих коліс. У таких енергетичних засобів додатково є роздавальна коробка 10 (рис. 3.1, б), карданна передача 11, а також головна передача 12, диференціал 13 і кінцева передача 14 переднього ведучого моста.

Трансмісії гусеничних тракторів за конструкцією дещо складніші за трансмісії колісних тракторів, оскільки додатково мають механізм повороту 7 (рис.1, г), який створює різні крутні моменти на ведучих зірочках.

Рис. 2. Схема трансмісії трактора Т-150:

1 — двигун. І — головне зчеплення; 3 — коробка передач; 4, 5, 6 — відповідно карданні, головні і кінцеві передачі; 7 — ведуча зірочка

На відміну від інших гусеничних тракторів, у трактора Т-150 особлива конструкція трансмісії, яка складається із: зчеплення 2 (рис. 2), коробки передач 3 із двома вторинними (вихідними) валами, які за допомогою карданних передач 4 з'єднані з двома головними передачами 5. Від головних передач крутний момент передається через кінцеві передачі 6 на ведучі зірочки 7. У трансмісії трактора Т-150 відсутній механізм повороту, його функцію виконує коробка передач.

У конструкції трансмісій деяких тракторів (МТЗ-100/102, Т-150, Т-150К, К-701) вводять додаткові пристрої, за допомогою яких можна переключати передачі без розриву потоку потужності. Це дає змогу підвищити середню швидкість руху агрегату, тобто його продуктивність, зменшити витрати палива на наступний розгін. Але такі трансмісії значно складніші за конструкцією, оскільки повинні мати спеціальну гідравлічну систему керування.

Особливість трансмісій тракторів порівняно з більшістю трансмісій автомобілів — передача механічної енергії від двигуна не одним, а двома або трьома потоками. Крім передачі крутного моменту на ведучі колеса або зірочки, він передається на задній або передній вал відбору потужності для привода активних робочих органів, а також до насосів у гідропроводі сільськогосподарських машин.

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ

Гідромеханічна трансмісія є комбінованою і складається з

гідротрансформатора й механічної трансмісії, яка у свою чергу — з коробки передач, карданної передачі і ведучого моста. Керування ступінчастою коробкою передач, як правило, автоматизоване.

Гідротрансформатор — гідродинамічний безступінчастий перетворювач крутного моменту. Він складається з двох коліс

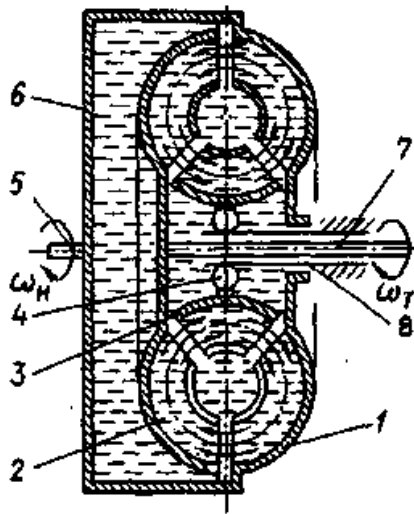


Рис. 3. Схема гідротрансформатора:

1,2 — відповідно насосне і турбінне колеса; 3 — реактор; 4 — муфта вільного ходу; 5 — колінчастий вал двигуна; 6 — корпус; 7 — первинний вал коробки передач; 8 — порожнистий вал

з лопатями — насосного 1 (рис. 3), жорстко з'єднаного через корпус 6 з колінчастим валом 5 двигуна, і турбінного 2 — з первинним валом 7 коробки передач, а також розташованого між ними прямого апарата — реактора 3. Реактор встановлено на порожнистий вал 8 за допомогою муфти вільного ходу 4. Корпус 6 заповнений робочою рідиною (оливою). Для зменшення втрат енергії, пов'язаних з циркуляцією робочої рідини між насосом і турбіною, їх колеса і реактор максимально зближені та їм надано форму, що забезпечує безперервне коло циркуляції рідини.

При обертанні колінчастого вала двигуна лопаті насосного колеса захоплюють рідину, примушуючи переміщуватися від внутрішніх країв до зовнішніх. Під дією відцентрової сили рідина надходить на лопаті турбінного колеса і примушує його обертатися разом з первинним валом коробки передач. З лопатей турбінного колеса рідина потрапляє на лопаті колеса реактора, де змінює напрям руху і повертається на насосне колесо. Утворюється безперервне коло циркуляції рідини у внутрішній порожнині робочих коліс.

Якщо момент опору на валу турбінного колеса вищий за момент підведеного до насосного колеса, рідина, діючи на колесо-реактор, спричинює його заклинювання обгінною муфтою. При цьому на лопатях нерухомого колеса реактора виникає реактивний момент, який передається на турбінне колесо додатково до моменту, що передається від насосного колеса. Так, наявність колеса-реактора дає змогу одержати на турбінному колесі крутний момент, більший за той, що передається двигуном.

Якщо ж момент на валу турбінного колеса стає меншим за момент, що розвивається насосним колесом, змінюється напрям руху потоку рідини на колесі-реакторі. При цьому обгінна муфта розклинюється, і колесо-реактор починає обертатися одночасно з турбінним з однаковою частотою, гідротрансформатор виконує функції гідравлічної муфти.

Властивість гідротрансформатора автоматично змінювати співвідношення моментів на валах насосного і турбінного коліс залежно від частоти обертання (навантаження) є його основною перевагою і особливістю. Недоліками, крім наведених, є те, що гідротрансформатор не дозволяє

відключати ведучий вал від веденого і гальмувати двигуном.

КОНСТРУКЦІЯ І ДІЯ ГОЛОВНИХ ЗЧЕПЛЕНЬ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ.

Головне зчеплення, розташоване між двигуном і коробкою передач, призначене для плавного приєднання і короткочасного від'єднання двигуна і трансмісії, плавного руху з місця, вирівнювання динамічних навантажень на елементах трансмісії.

Розрізняють механічні фрикційні, гідравлічні та електричні зчеплення. У **механічних фрикційних зчепленнях** крутний момент передається силами тертя між ведучими і веденими елементами, у гідравлічних — динамічним напором рідини, в електричних — струмами, що виникають між полюсами ведучого (електромагніта) і веденого елементів.

На автотракторній техніці найпоширеніші механічні фрикційні зчеплення, які класифікують залежно від виду тертя, числа ведених дисків, дії натискного механізму і числа потоків крутного моменту.

За видом тертя зчеплення поділяють на сухі і мокрі (працюють у рідинній ванні). На тракторах, як правило, застосовують сухі зчеплення, а мокрі — у коробках передач з переключенням передач на ходу (Т-150), редукторі пускового двигуна, у приводі вала відбору потужності, у блокувальному пристрої диференціала переднього ведучого моста тракторів МТЗ-82, МТЗ-102.

Залежно від числа ведених дисків розрізняють одно- дво- і багатодискові зчеплення.

За дією натискного механізму зчеплення поділяють на постійно і непостійно замкнуті. **Постійно замкнутим** називають зчеплення, яке перебуває у включеному стані доти, поки до органів керування не буде прикладено зовнішнє зусилля. Ці зчеплення найпростіші за будовою і забезпечують плавне включення трансмісії, чим і пояснюється їх широке застосування.

Залежно від числа потоків крутного моменту, що передаються зчепленням, вони бувають одно- і двопотокові. Одно потокові передають крутний момент тільки на колеса (гусениці) трактора, дво потокові — додатково (другий потік) на привод робочих органів машин і знарядь через ВВП, які агрегатуються з трактором. Характеристики зчеплень деяких тракторів і автомобілів приведені в таблиці.

	Характеристика зчеплення	Марка трактора чи автомобіля
1	Фрикційне, сухе, постійно замкнене, однодискове, однопотокове	ГАЗ-53, ЗІЛ-431410, ВАЗ-2107
2	Фрикційне, сухе, постійно замкнене, дводискове, однопотокове	КАМАЗ-5410 ДТ-75М. Т-150К
3	Фрикційне, сухе, постійно замкнене, дводискове, двопотокове з керуванням однією педаллю	ЮМЗ-6Л
4	Фрикційне, сухе, постійно замкнене, дводискове, двопотокове з керуванням двома педалями	Т-40М, ЛТЗ-55
5	Фрикційне, мокре, постійно розімкнене,	Коробка передач Т-

	багатодискове, однопотокове	150 Редуктор пускового двигуна П-350
--	-----------------------------	--

Керування зчепленням може бути автоматичним (без дії водія) і неавтоматичним. На автотракторній техніці застосовують керування з механічним і гідравлічним приводом. Щоб зменшити зусилля, при включенні зчеплення використовують механічні (пружинні), пневматичні або гідравлічні підсилювачі.

Фрикційне зчеплення — муфта, в якій крутний момент передається за рахунок сил тертя між поверхнями, що труться. Складається з ведучої і веденої частин, натискного механізму і механізму керування. Ведуча частина сприймає від маховика крутний момент двигуна, а ведена — передає його первинному валу коробки передач. Натискний механізм забезпечує щільне притискання ведучої і веденої частин зчеплення для створення потрібного моменту тертя. Механізм керування призначений для керування (включення, виключення) зчепленням.

Найпоширеніші схеми постійно замкнених зчеплень наведено на рис. 1. Ведуча частина однодискового зчеплення складається з маховика 1 (рис. 1, а), натискного диска 3, кожуха 10 і напрямних (ведучих) пальців 11. Ведена частина має ведений диск 2, розташований на валу 7. Натискний механізм складається з пружин 9, закріплених у кожусі 10 зчеплення. До механізму керування зчепленням належать відтискні важелі 4 з пальцями, рухома муфта (відводка) 5, вилка виключення 8, педаль 6 із тягами. Всі деталі розташовані всередині картера маховика і картера зчеплення.

Постійно замкнене зчеплення працює так. Поки до педалі 6 зусилля не прикладається, натискні пружини 9 переміщують диски натискний 3 і ведений 2 до маховика і щільно притискають одну до одної поверхні тертя дисків 3, 2 і маховика 1. Крутний момент від маховика передається на затиснений ведений диск 2 і від нього — на ведений вал 7.

При виключенні зчеплення до педалі 6 прикладається зусилля, яке передається на натискний диск 3. Під дією цього зусилля диск 3 відводиться назад, долаючи опір пружин 9. Ведений диск 2 вивільняється і поступово зупиняється. Деякі зчеплення мають для цього спеціальне гальмо.

Для збільшення сили тертя на дисках, а отже, і моменту, що передає зчеплення, до ведених дисків приклепують або приклеюють спеціальні фрикційні накладки, виконані з матеріалу з високим коефіцієнтом тертя.

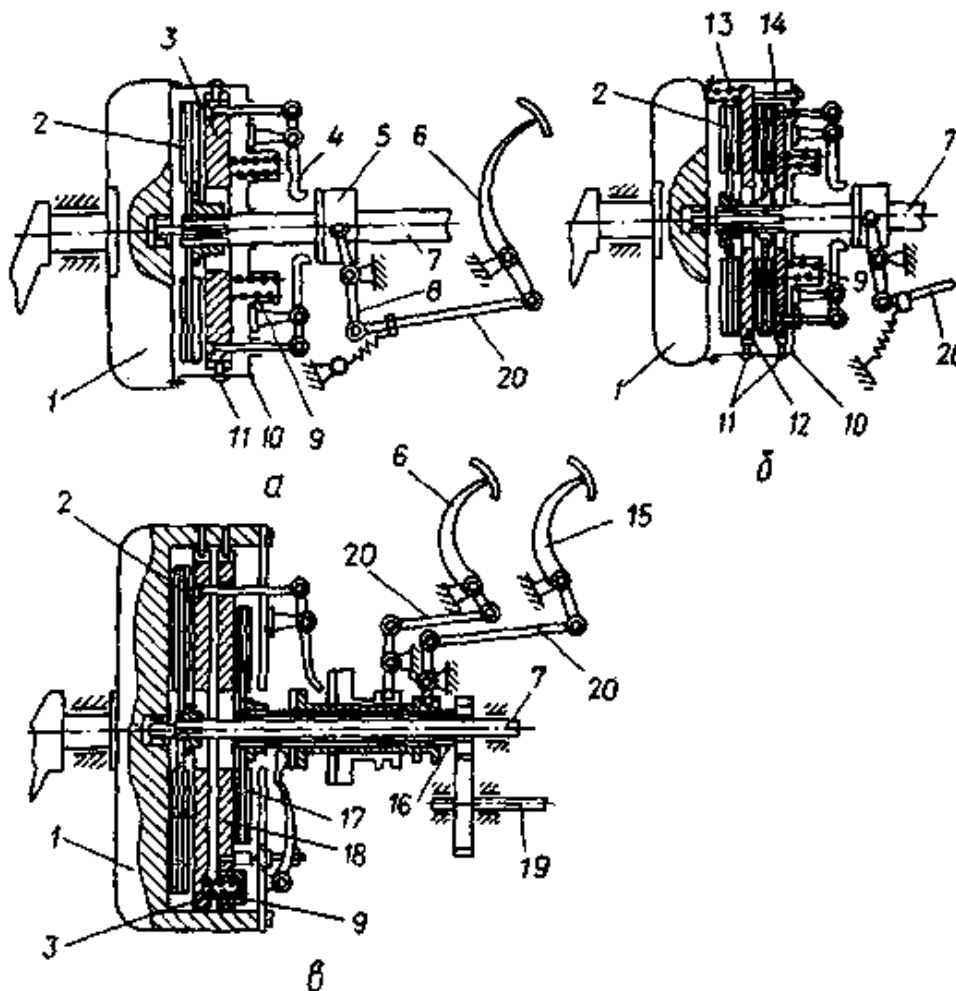


Рис. 1. Схеми постійно замкнених головних зчеплень:

а — однодискове однопотокове; б — дводискове однопотокове; в — двопотокове; 1 — маховик; 2, 17 — ведені диски; 3, 18 — натискні диски; 4 — відтискний важіль; 5 — відводка; 6, 15 — педалі; 7, 16 і 19 — вали; 8 — вилка; 9, 13 — натискні пружини; 10 — кожух; 11 — палець натискного диска; 12 — проміжний ведучий диск; 14 — болт; 20 — тяга

Дводискове постійно замкнене зчеплення (рис. 1, б) має по два ведені і ведучі диски, розташованих по черзі. Ведучі диски з'єднані з маховиком 1 через кожух 10 і ведучі пальці 11, а ведені 2 — з валом 7. Принцип дії такого зчеплення аналогічний однодисковому. При включенні зчеплення проміжний ведучий диск 12 відходить від маховика за допомогою пружин 13. Найбільше переміщення диска 12 обмежується регулювальними болтами 14 (або пружинами), що усуває заклинювання заднього веденого диска. Встановлюють такі зчеплення на тракторах Т-150, Т-150К, МТЗ-100/102, вантажних автомобілях КамАЗ та ін.

Комбіноване (двопотокове) постійно замкнене зчеплення (рис. 1, в) складається з двох зчеплень: головного і привода ВВП. Такі зчеплення мають роздільне і суміщене керування. Від однодискового відрізняється наявністю двох додаткових дисків — веденого 17 і ведучого (натискного) 18, які притискаються один до одного пружинами 9. Маточина веденого диска 17 закріплена на шліцах порожнистого вала 16, від якого крутний момент

передається ВВП 19. Кожне зчеплення має свій самостійний механізм керування з педалями 6 і 15 та відповідними тягами і важелями. Така конструкція комбінованого зчеплення дає змогу включати і виключати привод ВВП незалежно від положення головного зчеплення (трактори ЛТЗ). Використовують також комбіновані зчеплення із суміщеним приводом від однієї педалі (трактори ЮМЗ). У цьому зчепленні на початку ходу педалі виключається головне зчеплення, і трактор зупиняється, а при дальшій дії на педаль виключається зчеплення ВВП.

По способу керування зчепленням їх поділяють на:

- з механічним керуванням
 - без підсилювача;
 - з механічним підсилювачем (ЮМЗ-6Л, ЛТЗ-55);
 - з гідравлічним підсилювачем (ДТ-75);
 - з пневматичним підсилювачем (Т-150К);
- з гідравлічним керуванням
 - без підсилювача (легкові автомобілі, СК-5 “Нива”);
 - з пневматичним підсилювачем (КАМАЗ-5320).

Одноступеневі зчеплення з циліндричними пружинами прості у виготовленні й обслуговуванні, надійні, мають «чисте» вимикання, забезпечують добре відведення теплоти від пар тертя. Вони мають невелику масу та високу зносостійкість. Однак з підвищенням моменту, що передається зчепленням, потрібне збільшення моменту тертя у зчепленні шляхом збільшення діаметра фрикційних кілець або числа пар тертя. Збільшення діаметра кілець обмежене габаритними розмірами маховика двигуна і зусиллям вимикання зчеплення. Збільшення діаметра диска приводить також до зростання його лінійної швидкості, що може спричинити руйнування дисків під дією відцентрової сили.

У зчепленні з периферійним розміщенням пружин, які встановлюють на тракторах ХТЗ-2511, ЮМЗ-6М та ін., автомобілях ЗІЛ-130, ГАЗ-66 та ін. у разі використання швидкохідних двигунів можливий вигин пружин під дією відцентрових сил. Це призводить до зниження натискного зусилля, пробуксовування поверхонь тертя у зчепленні, підвищення температури і зростання зношення поверхонь тертя. Крім того, у таких зчепленнях неможливо регулювати натискне зусилля, що зменшується в міру зношення фрикційних кілець.

Переваги зчеплень із діафрагмовою пружиною, які встановлюють на перспективних тракторах та автомобілях, порівняно зі зчепленням із периферійним розміщенням пружин є те, що діафрагмова пружина забезпечує рівномірніший тиск на натискний диск. Тиск діафрагмової пружини у разі зношення фрикційних накладок веденого диска практично не змінюється. Крім

того, для утримання зчеплення у вимкненому стані потрібна трохи менша сила, ніж у зчепленнях із гвинтовими пружинами.

Недоліком діафрагмового зчеплення є підвищена трудомісткість виготовлення пружин із заданою характеристикою та великі осьові зусилля за малих габаритних розмірів зчеплення.

Дводискові зчеплення, які установлюють на тракторах типу МТЗ-100, Т-150К, автомобілях типу КамАЗ, КраЗ та ін. мають невеликі габаритні розміри. Однак порівняно з однодисковими зчепленнями конструктивно вони складніші, мають підвищену масу і потребують більшого зусилля для їх вимикання.

СЕРВОМЕХАНІЗМИ В ПРИВОДАХ ЗЧЕПЛЕННЯ.

У гідравлічному приводі (рис. 4) деякою мірою враховано зазначені вище недоліки. Його застосовують, як правило, на

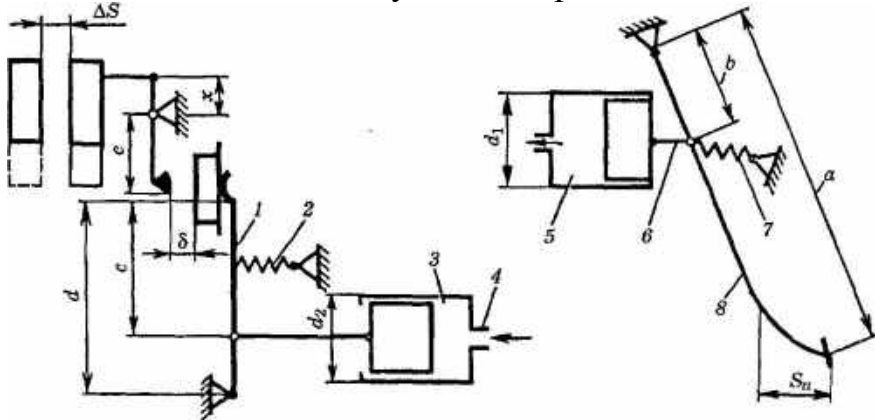


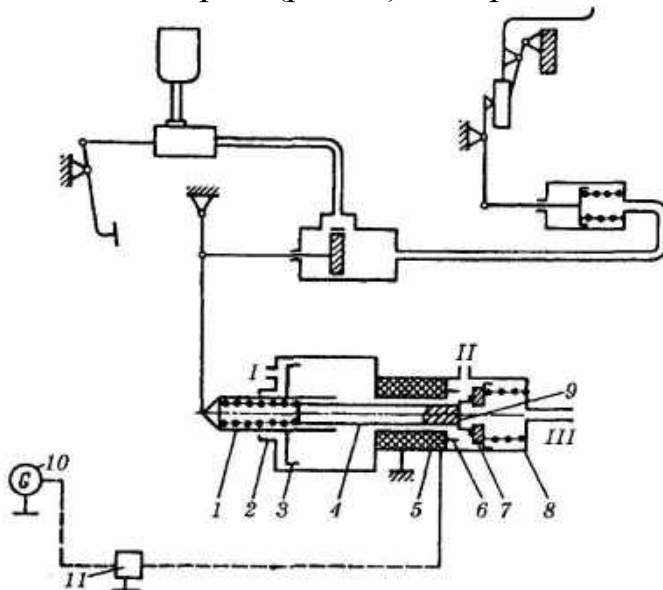
Рис. 4. Схема гідравлічного приводу керування зчепленням

легкових

автомобілях. Він складається з педалі 8, проміжної тяги 6, важеля 1, головного гідроциліндра 5, трубопроводу 4 і

робочого гідроциліндра 3. Цей привід має дві пружини 2 і 7 для утримання педалі і вилки вимкнення в крайньому положенні. Автоматичний електровакуумний привід зчеплення встановлюють на автомобілях ЗАЗ для інвалідів замість електромагнітного порошкового зчеплення. Привід включає вакуумний циліндр 2 (рис. 5) з поршнем 3, клапанний пристрій 8, в якому

розміщений вакуумний клапан 7 із сідлом 6, електромагніт 5 з якорем 4 та сідлом 9 на торці. В комплект обладнання входить блок керування 11, призначений для регулювання сили струму, що надходить від генератора 10 в обмотку електромагніту залежно від швидкості обертання колінчастого



вала двигуна.

Рис. 5 Схема автоматичного електровакуумного приводу зчеплення

За увімкненого зчеплення (див. на рис. 5), струм не надходить на обмотки

електромагніту і якір 4 пружиною штока 1 зміщений вправо, сідло 9 якоря щільно закриває центральний отвір вакуумного клапана 7, який з'єднує вакуумний циліндр 2 з впускним трубопроводом ///. У цьому положенні обидві порожнини вакуумного циліндра сполучені з атмосферою виходами I і II. У разі натискування на важіль керування коробкою передач електричне коло замикається і струм надходить в обмотки електромагніту 5. Під дією електромагнітного поля якір 4 рухається вліво, відкриває центральний отвір вакуумного клапана 7 і з'єднує праву порожнину циліндра 2 з впускним трубопроводом III. Одночасно вакуумний клапан 7 потрапляє на сідло 6 і перекриває сполучення правої порожнини циліндра (вивід II) з атмосферою. Під дією різниці тисків поршень 3 починає рухатись і через важіль гідропривід вимикає зчеплення, що дає змогу ввімкнути потрібну передачу.

Педальний гідравлічний привід зчеплення використовують, наприклад, для пуску двигуна з буксиру. При цьому автоматичний електровакуумний привід вимикають.

На потужних тракторах і вантажних автомобілях великої вантажопідйомності з метою зменшення зусилля на педалі керування зчепленням застосовують різні типи підсилювачів: механічні пружинні, гідравлічні, пневматичні.

Механічний підсилювач — найпростіший з усіх типів. Він складається (рис. 6) з сервопружини 7, що працює на розтяг, важеля 6, жорстко з'єданого з педаллю 5, упорів 2 і 4, що обмежують переміщення педалі керування, тяги 3 та відводки 1.

Застосовують його на тракторах МТЗ та автомобілях КрАЗ.

Під час натискування на педаль 5 пружина 7 на першому етапі, коли вибирається зазор 8, переміщується з положення AA' в нейтральне положення AA (на цьому етапі пружина створює опір переміщенню педалі); на другому етапі педаль переміщується з положення AA в положення AA'', тобто безпосередньо вимикається зчеплення (зусилля пружини забезпечує вимкнення зчеплення на 30-35 %, зменшуючи зусилля на педалі керування).

Гідравлічний підсилювач (рис. 7) встановлюють паралельно механічному приводу. Він складається з гідроциліндра 6, золотника 7 і системи стеження. В разі натискування на педаль 1 золотник рухається вправо, з'єднує насос з порожниною гідроциліндра 6 й одночасно перекриває зливну магістраль. Під тиском робочої рідини поршень рухається вправо, через важелі механічного приводу діє на натискний підшипник і натискний диск 5.

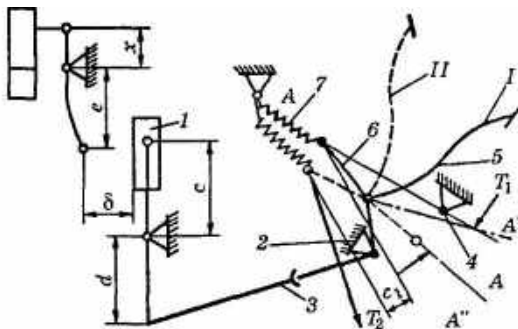


Рис. 6. Схема механізму керування зчепленням із сервопружиною

Золотник 7 узгоджує хід поршня гідроциліндра 6 з педаллю зчеплення. За швидшого переміщення поршня тяга 2 рухатиметься швидше, ніж педаль, що спричинить зміщення золотника вліво і

перекривання напірної магістралі. Внаслідок цього тиск у гідроциліндрі знизиться і переміщення поршня припиниться.

У системах гідравлічних підсилювачів застосовують шестеренні або лопатеві насоси, що розвивають тиск 50 - 60 МПа.

Пневматичний підсилювач монтують на автомобілях МАЗ, КамАЗ, МоАЗ і на тракторах ХТЗ.

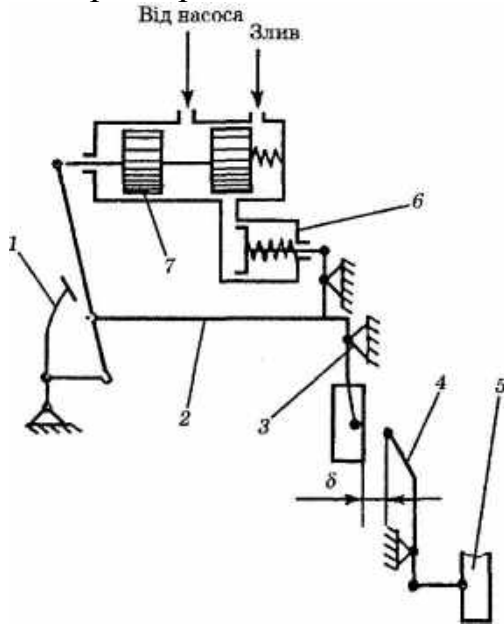


Рис. 7. Схема механізму керування зчепленням з гідропідсилювачем

За принципом дії він подібний до гідравлічного, але відрізняється тим, що робочим тілом у ньому є повітря, яке надходить з гальмівної системи. В останній підтримується тиск у межах 0,7 - 0,9 МПа, що значно менше, ніж тиск у гідропідсилювачах, тому розміри агрегатів пневмопідсилювачів більші, ніж відповідних агрегатів гідропідсилювачів.

Однією з найважливіших якостей гідро- і пневмопідсилювачів є дотримання дії стеження між положенням педалі керування та натискним диском, який зв'язаний з підсилювачем. Типові конструкції Однодискове зчеплення з периферій-фрикційних зчеплень ним Розміщенням натискних пружин та їхніх приводів встановлено на маховику 1 (рис. 8).

Натискне зусилля створюється циліндричними натискними пружинами 14, розміщеними по периферії натискного диска 4. Залежно від конструкції машини кількість пружин та їх жорсткість можуть бути різними. Під пружинами з боку натискного диска встановлено теплоізолювальні прокладки.

2. Питання для закріплення матеріалу.

1. За якими ознаками класифікують трансмісії? 2. Якими параметрами характеризують роботу трансмісії? 3. Що характеризує коефіцієнт трансформації? 4. Перелічіть елементи, які входять до складу механічної трансмісії, укажіть їх призначення. 5. Які елементи входять до складу електричної трансмісії? Як вони взаємодіють між собою? 6. Які елементи входять до складу гідравлічної трансмісії? Які переваги і недоліки має гідравлічна трансмісія? 7. Яку трансмісію називають гідромеханічною? 8. Для чого призначене зчеплення? Які вимоги ставлять до нього? 9. Як передається крутний момент через фрикційне зчеплення? 10. Як зчеплення вмикається? 11. За якими ознаками класифікують фрикційні зчеплення? 12. Які особливості дводискового та двопотокового зчеплень? У чому їх відмінність? 13. Назвіть окремо деталі, що належать до ведучих частин зчеплення, до ведених і до механізму вмикавання. 14. Як у зчепленні гасяться крутильні коливання? 15. Які приводи керування зчепленням застосовують на тракторах та автомобілях?

ТЕМА 7: КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ.

Питання

1. Класифікація коробок передач.
2. Вимоги до коробок передач.
3. Типові конструкції механічних коробок передач.
4. Приводи керування коробками передач.

1. Конспект лекції

КЛАСИФІКАЦІЯ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ.

Коробка передач необхідна для зміни тягового зусилля на рушіях тракторів та автомобілів, руху заднім ходом і від'єднання рушія від трансмісії на тривалий час.

По способу зміни передаточного числа коробки передач ділять на безступінчасті і ступінчасті

Безступінчасті коробки передач забезпечують безкінечну (у певному інтервалі) множину передаточних чисел. По принципу дії такі коробки бувають механічними, гідравлічними і електричними.

Ступінчасті коробки передач установлюють на більшості вітчизняних тракторів і автомобілів і являють собою зубчаті редуктори, що дозволяють одержувати кілька передатних чисел, використовуючи різні варіанти зачеплень шестірень. На відміну від безступінчастих передаточні числа в них змінюються не плавно, а ступінчато.

Коробки передач вантажних автомобілів мають від 5 до 10 передач переднього ходу. У тракторних коробок число ступенів трохи більше, ніж в автомобільних (від 7 до 24). Це зумовлюється великою різноманітністю робіт, виконуваних тракторами, і потрібних при цьому різними швидкісними і тяговими показниками агрегатів.

Ступінчасті коробки передач підрозділяють по числу передач, способу зачеплення шестерень, числу основних валів і їхньому розташуванню.

По числу основних валів коробки передач можуть бути двовальні, тривальні і складені.

Двовальні коробки передач. У них енергія передається через пару шестірень від первинного до вторинного вала (виключення складають передачі заднього ходу).

Тривальні коробки передач характеризуються наявністю трьох основних валів (первинного, вторинного і проміжного). Вторинний вал може розташовуватися як співісно з первинним валом, так і паралельно йому.

Складені коробки передач застосовують при необхідності одержання великого числа передач. Ці конструкції являють собою комбінації з двох послідовно розташованих коробок, що виконуються або в загальному картері (трактор МТЗ-80), або в окремих (Т-4).

По способу зачеплення шестерень коробки передач можуть бути з ковзаючими шестернями і із шестернями постійного зачеплення, причому в

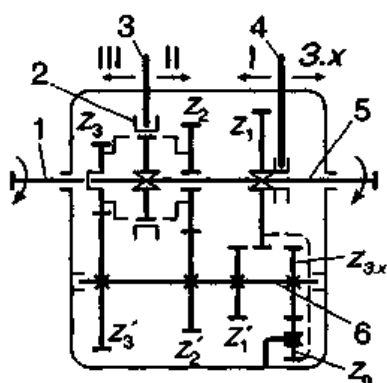
автомобільних вальних коробках передач використовуються шестерні постійного зачеплення (за винятком шестерні I передачі і заднього ходу). В автомобільних коробках із шестернями постійного зачеплення передачі переключають за допомогою зубчатих муфт, забезпечених синхронізуючими пристроями. Коробки передач тракторів з ковзаючими шестернями встановлені на тракторах ДТ-75В, МТЗ-80, ЮМЗ-6Л, а на тракторах Т-150, Т-150К, К-700, МТЗ-100 переключення передач можливе без зупинки трактора. У них використовуються шестерні постійного зачеплення, вільно посаджені на первинному або вторинному валу, кожна з яких може з'єднуватися з валом через багатодискову фрикційну муфту.

ВИМОГИ ДО КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Коробки передач автомобілів і тракторів в експлуатації повинні відповідати наступним вимогам.

1. Високий КПД на передачах переднього ходу.
2. Безшумність у роботі.
3. Працездатність у широкому діапазоні зовнішніх температур (від 40 до -60°C).
4. Надійна фіксація включеної передачі від само вимикання.
5. Неможливість одночасного включення двох передач.
6. Компактність.
7. Довговічність (до капітального ремонту) тракторних коробок — 8000... 10 000 мотогодин, автомобільних — 300 000...400 000 км пробігу.
8. Зручність і простота технічного обслуговування.
9. Раціональний вибір передаточних чисел на окремих передачах, що забезпечує більш повне використання потужності двигуна машини при роботі в різних умовах.

ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ



Кінематична схема триступінчастої автомобільної коробки передач представлена на рис.1. У більшості автомобільних коробок передач використовуються аналогічні схеми. Ведучий, або первинний вал 1 опирається на два підшипники: перший у маховику, другий у корпусі коробки передач. У веденого (вторинного) вала 5 передня опора розміщена в середині ведучого вала, а задня в корпусі коробки передач. Обидві опори проміжного вала 6 також розміщені в корпусі коробки передач.

Перша передача переднього ходу і передача заднього ходу вмикаються переміщенням шестерні за допомогою вилки 4, друга і третя передачі переднього ходу вмикаються за допомогою синхронізатора 2, який переміщується вилкою 3. Третя передача пряма, тобто ведучий і ведений вал з'єднуються напряму.

Рис. 1.Схема триступінчастої коробки передач:

1 — ведучий вал (первинний); 2 — синхронізатор; 3, 4 — вилки; 5 — ведений вал (вторинний); 6 — проміжний вал.

Коробка передач автомобіля ГАЗ-53 представлена на малюнку 2. Коробка відноситься до тривальних зі співвісним розташуванням первинного 2 і вторинного 4 валів, чотирьох ступінчаста, із шестернями постійного зачеплення. Переміщенням шестерень 5 і 9 включаються 1 передача і передача заднього ходу. Найнижчий КПД коробки спостерігається на передачі заднього ходу, оскільки енергія передається через додаткову пару шестерень; найвищий — на прямій передачі, коли шестірні не беруть участь у передачі енергії.

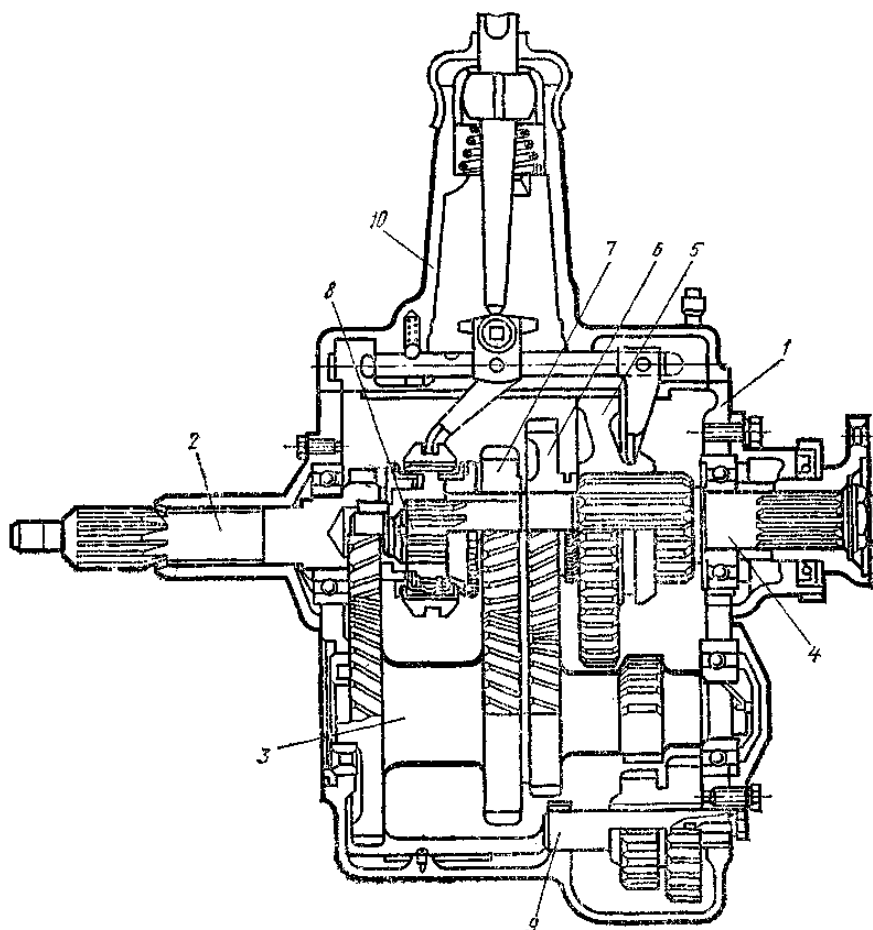


Рис. 2 Коробка передач автомобіля ГАЗ-53:

1 — картер; 2 — первинний вал; 3 — проміжний вал; 4 - вторинний: вал; 5 — шестерня першої передач і заднього ходу; 6 і 7 — шестерні другої і третьої передач; 8 — зубчата муфта з синхронізатором; 9 — блок шестерень заднього ходу; 10 — кришки.

Шестерні першої передачі і заднього ходу — прямозубі, а інші — косозубі. Перевага косозубих шестерень — менший шум при роботі, більш висока міцність і зносостійкість; недолік — наявність осьової складової сили при роботі, що навантажує підшипники валів.

Картер коробки — суцільнолитий, з верхнім і бічним вікнами, через які монтують вали і зубчасті колеса. Вікна герметично закривають кришками. Це запобігає потраплянню в картер пилу і бруду, зменшуючи абразивний знос

деталей.

У верхній кришці 10 установлюють механізм переключення передач із замками і фіксаторами. Перші запобігають можливості одночасного включення двох передач, а останні утримують зубчасті колеса у включеному або виключеному положенні.

Усі вали коробки — двоопорні. Первинний вал установлюють на двох підшипниках: кульковому радіально-упорному в картері коробки, що сприймає, крім радіальних, осьові сили; кульковому в розточенні маховика двигуна. Осьові зусилля проміжного і вторинного валів сприймаються кульковими радіально-упорними підшипниками, встановленими в картері коробки праворуч. Температурне подовження валів враховується установкою лівих опор на роликівих циліндричних підшипниках.

Проміжний вал 3 виконаний заодно з зубчастими колісьми, що забезпечує велику твердість вала і спрощує конструкцію коробки.

Коробка передач трактора Т-150К (рис. 3.) складається з основного редуктора Б, допоміжного редуктора Х (ходозменшувача) і роздавальної коробки Р.

Основний редуктор чотириступінчастий, двовалий, із шестернями постійного зачеплення і гідрокеруванням гідропідтискних муфт ведених шестерень.

Ходозменшувач — одноступінчастий триваловий редуктор з прямою передачею, яка включається жорстким введенням шестерні 14 з валом 1.

Роздавальна коробка — двоступінчаста, двовалова із зубчастою муфтою включення ведучих шестерень, забезпечує постійний привод заднього моста через карданну передачу 9 і привод переднього моста, що включається через пересувну шестерню 10 і карданну передачу 13.

Для забезпечення роботи гідропідтискних муфт, а також мащення деталей коробки передач призначено спеціальну гідравлічну систему. Гідравлічна система створює і підтримує тиск у магістралі включеної передачі, забезпечує переключення передач на ходу без розриву потоку потужності, підтримує необхідний температурний режим коробки передач, а також надійне мащення деталей коробки і фільтрацію оливи.

В коробках передач з шестернями постійного зачеплення використовують два способи з'єднання веденої шестерні (зубчатого колеса) з валом: за допомогою синхронізатора, або за допомогою гідропідтискної муфти. Загальним у обох способах є те, що ведуча шестерня на ведучому валу закріплена жорстко, а ведена шестерня на веденому валу на підшипнику, або на втулці. Гідропідтискні муфти використовують у коробках тракторів Т-150, Т150К. Синхронізатори в основному використовуються в коробках передач автомобілів, хоча можливо їх використовувати і в тракторних коробках передач. Принципова різниця у використанні гідропідтискних муфт і

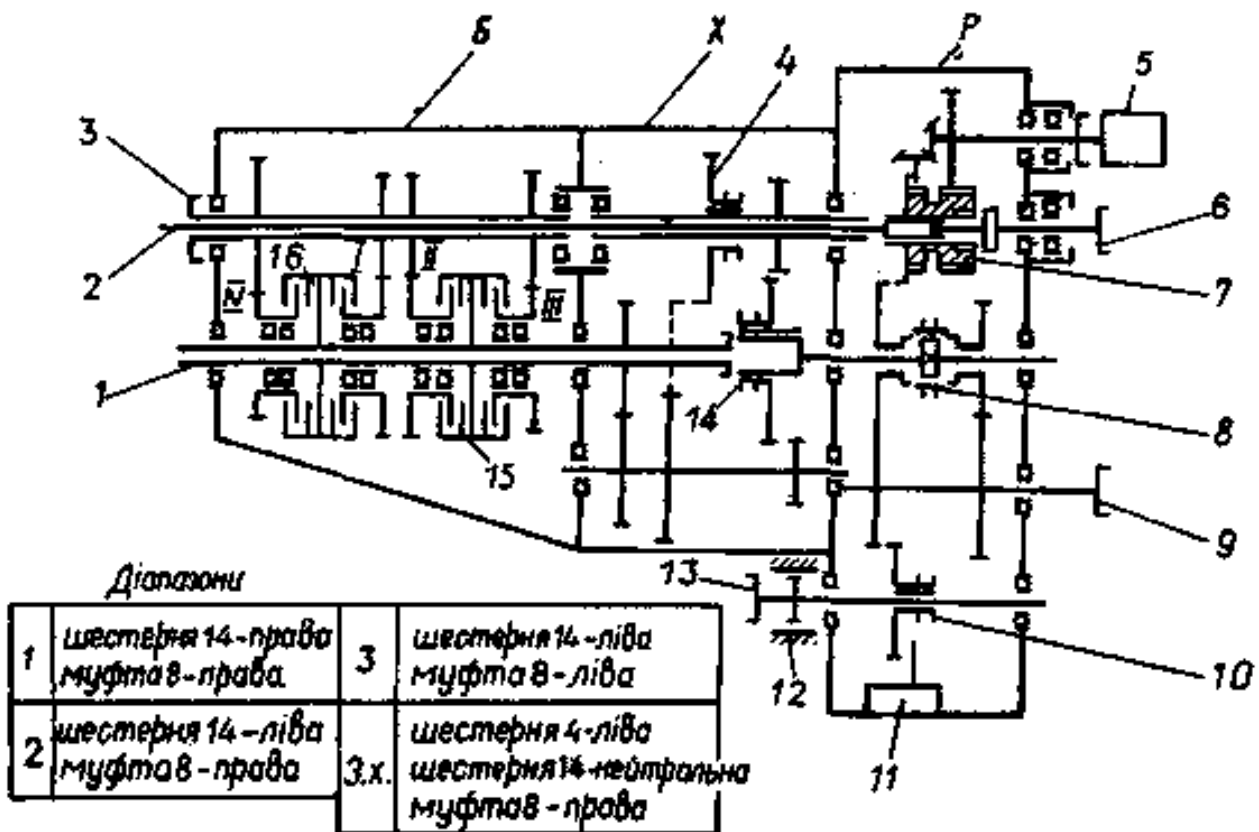


Рис. 3. Кінематична схема коробки передач трактора Т-150К:

Б — основний редуктор; Х — ходозменшувач; Р — роздавальна коробка; 1, 3 — відповідно вторинний і первинний вали; 2 — вал незалежного привода ВВП; 4, 10 — відповідно шестерня включення заднього ходу і переднього моста; 5 — насос гідроначіпної системи; 6 — фланець карданного вала привода ВВП; 7 — шестерня привода насосів; 8 — зубчаста муфта; 9 — фланець карданного вала привода заднього моста; 11 — насос гідросистеми коробки передач; 12 — стоянкове гальмо; 13 — фланець карданної передачі переднього моста; 14 — рухома шестерня; 15 — гідропідтискна муфта II і III передач; 16 — гідропідтискна муфта I і IV передач

синхронізаторів полягає в тому, що у першому випадку передачі перемикаються без розриву потоку потужності, а при перемиканні передач за допомогою синхронізаторів під час перемикання двигун від'єднується від трансмісії.

ПРИВОДИ КЕРУВАННЯ КОРОБКАМИ ПЕРЕДАЧ.

Приводи керування служать для переключення передач водієм або автоматично. Вони складаються з механізму переключення передач, розташованого безпосередньо в коробці, важеля у кабіні водія і деталей, що їх з'єднують (власне привода). У механізм переключення входять важелі, повзуни, валики, вилки, фіксатори, замки, синхронізатори. Крім того, можуть входити різні види гідро-, пневмо- або електричних пристроїв (гідроаккумулятор, гідроциліндр, електромуфта), що полегшують або спрощують процес переключення передач.

Привод керування може бути автоматизований, що полегшує керування

машиною і дозволяє переключати передачі у визначені моменти, підтримуючи оптимальне завантаження двигуна.

В автоматизованому приводі головні елементи — датчики швидкості руху та завантаження двигуна машини. У якості першого використовують відцентровий регулятор, зв'язаний з вторинним валом коробки передач, а другого — положення рейки паливного насоса (на дизелях) або педалі керування дросельною заслінкою (на карбюраторних двигунах). Звичайно автоматизований привод дублюють приводом безпосередньої дії або командним, котрим приходить користуватися при русі в екстремальних умовах, наприклад при підвищеному буксуванні рушіїв, тобто коли неможливо автоматичне включення нижчої передачі, потрібної для даної ситуації.

Приводи керування повинні забезпечувати легке і просте керування коробкою передач, малий час на переключення передачі, надійність і простоту в експлуатації, гарні тягово-динамічні й економічні показники роботи машини.

2. Питання для закріплення матеріалу.

1. Яке призначення коробки передач? Які вимоги ставлять до коробок передач та як їх класифікують? 2. Як у коробці передач змінюється крутний момент і частота обертання? 3. Яке призначення та яку будову мають роздавальні коробки? 4. Для чого в трансмісії встановлено ходозменшувач? 5. Розкажіть про призначення синхронізатора. 6. Як працює пневматичний привід перемикачів передач? 7. З яких деталей складається коробка передач трактора Т-150К? Як у ній перемикаються передачі?

3. Рекомендована література.

Л-3, с. 46-102, Л-4, с. 137-150, Л-5, с. 302-366, Л-8, с. 258-273.

Рекомендована література

Базова

1. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002, - 324 с.
2. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Войцехівський А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2003, - 556 с.
3. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі, ч. 2. електрообладнання: навч. посіб. - К.: Вища освіта, 2001. - 243 с.
4. Антощенков В.М. Трактори і автомобілі. Основи теорії і розрахунку двигунів внутрішнього згорання та тракторів і автомобілів: навч. посіб. — Харків, 2020. — 220 с.
5. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України: навч. посібник. — Мелітополь. 2006. — 337 с., іл.
6. Венцель Є.С., Гончаров В.М. Автомобілі і трактори: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Укр. держ. акад. залізничного трансп. . - Х. : 2009. - 103 с.
7. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. - К.: Знання - прес, 2003, - 511 с.
8. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. - К.: Знання, 2004. — 478 с.
9. Лауш П.В., Василенко І.Ф., Лесюк Т.П., Дьомін О.А., Чабанний В.Я. Технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарської техніки: підруч. Ч.1 - Кіровоград: Полімед-сервіс, 2007. - 415 с.
10. Сандомирський М.Г., Бойко М.Ф., Лебедев А.Т. та ін.; за ред. проф. Лебедева А.Т. Трактори та автомобілі. ч.1. навч. посіб. /. - К.: Вища школа, 2000. - 357 с.
11. Лебедев А.Т., Антощенков В.М., Бойко М.Ф. та ін.; за ред. проф. Лебедева А.Т. Трактори та автомобілі. ч.3. шасі: навч. посібник / - К.: Вища освіта, 2004. - 336 с.

Допоміжна

12. Охмат П. К., Улексін В. О., Мельниченко В. І. Трактори та автомобілі. Практикум.:навч. посіб. - Дніпропетровськ : ТОВ «ЕНЕМ», 2011.
13. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання/ О.М.Погрілець, М.С.Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; За ред. О.М. Погорільця. –К.: Вища освіта, 2004. –368 с.
14. Сажко В.А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: підручник. - 2-ге вид. - К.: «Каравела»;, 2009. - 400 с.
15. Кузьмінський Р. Д., Шарибура А. О. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів: навчальний посібник. - Львів: СПОЛОМ, 2017. - 376 с.
16. Головчук А.Ф., Гапченко О.І., Денисюк В.М., Семикоз І.І., Процьков В.З., Трактори.Навчально-наочний посібник для професійно-технічного навчання трактористів-машиністівсільськогосподарського виробництва категорії А. – К.: 2008. – 168 с., іл.
17. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння: підручник. за ред. А.П. Марченка. –Харків : НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.
18. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: навчальний посібник / В. Т. Надикто [и др.]. - Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок» ;, 2005. - 337 с.
19. Перспективи малої гідроенергетики України з асинхронними генераторами О.В. Нікіторович. Енергетика та електрифікація : науково-виробничий журнал. - 2009. - № 4. - С.51-53
20. Машинознавство. Основи гідравліки та теплотехніки. Гідравлічні машини та тепловідвигуни: навчальний посібник для студентів вищих педагогічних закладів освіти / М.С. Корець. - К. : Знання України, 2003. - 448 с.

Інформаційні ресурси

1. www.tractors.com.by
2. www.xtz.com.ua
3. <https://uk.wikipedia.org>
4. <https://whatisvehicle.wordpress.com>

Зубко Владислав Миколайович

Саєнко Анатолій Васильович

Шелест Микола Сергійович

Конспект лекцій

з дисципліни «Енергетичні засоби» для підготовки молодших бакалаврів 1 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання. Частина 1. – Суми: СНАУ, 2022. – 78 с.

Суми, РВВ, Сумський НАУ, вул. Герасима .Кондратьєва, 160

Підписано до друку: „__”_____2022 р. Тираж 150 прим.

Гарнітура. TimesNewRoman.

Формат А5. Умовн. друк. арк. 5.5 Замовл._____.
